

Juho Heikkilä

Led-valaistus liikerakennuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

11.5.2014

Alkulause

Tämä insinöörityö on tehty Granlund Oy:lle. Työn ohjaajana toimi yrityksen puolelta suunnittelupäällikkö Jarmo Seppänen, ohjaavana opettajana lehtori Tapio Kallasjoki ja kieltenopettajana lehtori Maritta Finska.

Haluan kiittää työn aiheen tarjoamisesta Granlund Oy:tä. Työn ohjaamisesta Jarmo Seppästä, Tapio Kallasjokea sekä kielenohjaajaa Maritta Finskaa.

Helsingissä 11.5.2014

Juho Heikkilä

Tekijä Otsikko	Juho Heikkilä Liikerakennuksen led-valaistus
Sivumäärä Aika	48 sivua + 2 liitettä 11.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	suunnittelupäällikkö Jarmo Seppänen lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Tässä insinöörityössä tutkittiin led-valaistuksen tuomia mahdollisuuksia liikerakennuksien valaistuksessa. Aihetta pohdittiin suunnittelijan näkökulmasta ja painotus oli liikerakennuksen eri tilojen valaistumahdollisuuksissa. Liikerakennuksissa on tarvetta yleisvalaistukselle, kohdevalaistukselle, sosiaalitilojen sekä pysäköintipaikkojen valaistukselle. Näille tiloille pyrittiin suunnittelemaan optimaalinen valaistus led-valaisimilla. Led-valaisimet ovat korvaamassa valaisimia kaikilla näillä alueilla.</p> <p>Vertailu led-valaisimien ja muiden valaisimien välillä tehtiin case-esimerkin avulla. Työssä tutkittiin kustannustehokkuutta kolmella eri led-valaistuksella ja mallikohteessa jo nykyisin olevalla perinteisellä valaistuksella. Esimerkillä pyrittiin havainnollistamaan, millaisissa kohteissa suunnittelijan kannattaisi käyttää led-valaisimia. Led-valaistuksen haasteita, hyötyjä ja mahdollisia käyttökohteita selvitettiin haastattelun avulla, joka tehtiin Granlund Oy:n suunnittelijoille.</p> <p>Työssä käytettiin kolmea eri elinkaarta; viisi, kymmenen ja viisitoista vuotta, jolloin pystytettiin havainnollistamaan eri valaistusratkaisujen kokonaiskustannuksia. Pidemmällä elinkaarella led-valaistus tuli kokonaiskustannuksiltaan halvemmaksi, kun taas lyhyemmällä elinkaarella perinteiset loistevalaisimet olivat edullisempi ratkaisu. Suurin syy on hankintakustannusten erot ledien ja perinteisten valaisimien välillä.</p>	
Avainsanat	led-valaistus, myymälävalaistus

Author Title	Juho Heikkilä Led Lighting at Commercial Building
Number of Pages Date	48 pages + 2 appendices 11 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Jarmo Seppänen Director of planning Tapio Kallasjoki Senior Lecturer
<p>This thesis focuses on examining new opportunities that can be reached in commercial buildings with the use of led-technology. The K-supermarket 'Pohjois-Haaga' was used as the case example. The subject was looked at from the perspective of the designer; the purpose of this was to find out the optimal lighting solution for each room e.g. store, storage and parking. Nowadays led-lights are replacing almost all existing lights in all areas. To get more practical information about the subject, the designers of 'Granlund Ltd' were interviewed. This thesis is made for 'Granlund Ltd.' use as well.</p> <p>There were four different lighting designs within the example building, which were all compared. The current lighting at the commercial building was implemented by traditional fluorescent lamps. The other three versions were different led-lighting variations. The best solution was selected on basis of it being cost-effective, a regular situation being that the led-lights were more expensive to purchase but the life cycles are longer and so they are more energy effective.</p> <p>The comparison was made with three different life cycles: five, ten and fifteen years respectively. When the life cycle was longer the total costing with led-lighting was lower and with a shorter life cycle it was cheaper to use normal fluorescent lamps. In the case of longer life cycles led-lights are cheaper, as the energy and maintenance costs are lower. Thus, with shorter life cycles the product investments are bigger with led-lights, which make them too expensive to use in most cases.</p>	
Keywords	Led lighting, commercial building lighting

Sisällys

Alkulause

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	1
2	Valon ominaisuudet	2
2.1	Valaistuksen määrittäminen	2
2.2	Ihmisen aistima valo	2
2.3	Valon värien vaikutukset näkemiseen	4
3	Valon perussuureet	4
3.1	Valovirta	6
3.2	Valovoima	6
3.3	Valaistusvoimakkuus	8
3.4	Luminanssi	9
4	LED-tekniikka	11
4.1	Led-historia	11
4.2	Orgaaniset ledit (OLED)	11
4.3	Energiatehokkuus	11
4.4	Pintaliitos-led	13
5	Mallikohde K-supermarket Pohjois-Haaga	14
6	Insinööriyössä käytetyt menetelmät	15
6.1	Suunnittelijoiden haastattelut	15
6.2	Tutustuminen mallikohteeseen	15
6.3	Insinööriyössä käytettävän materiaalin hankinta	15
7	Suunnittelijoiden haastattelutulokset	16
7.1	Ongelmat led-valaistuksessa	16

7.2	Hyödyt led-valaistuksessa	17
7.3	Led-valaistus korkeissa tiloissa	19
7.4	Tilat, joissa led-valaistusta kannattaa käyttää	20
7.5	Suunnittelijoille tehdyn haastattelun tulosten yhteenveto	22
8	Mallikohteen valaistuksen suunnittelu ja kustannukset	24
8.1	Valaistuksen suunnitteluohjeet ja suunnittelu	24
8.2	Mallikohteen eri tilat ja niiden erikoistarpeet	27
8.2.1	Myymälätilan valaistuksen toteutus	27
8.2.2	Ulkovalaistuksen suunnittelu	31
8.3	Mallikohteen valaistusvertailussa käytetyt valaisimet	33
8.3.1	Mallikohteessa käytetyt perinteiset valaisimet	33
8.3.2	Mallikohteen valaisinratkaisussa, LED 1 käytetyt valaisimet	34
8.3.3	Mallikohteen valaisinratkaisussa, LED 2 käytetyt valaisimet	35
8.3.4	Mallikohteen valaisinratkaisussa, LED 3 käytetyt valaisimet	36
8.4	Mallikohteen valaisinratkaisujen kustannukset	37
8.4.1	Mallikohteen eri valaisinratkaisujen kuluttama teho	37
8.4.2	Mallikohteen eri valaisinratkaisujen hankintakustannukset	38
9	Elinkaarikustannuslaskennan perusteet	38
10	K-supermarket Pohjois-haagan elinkaarikustannukset	39
10.1	Laskentataulukko elinkaarikustannusten määrittämiseksi	40
10.2	Mallikohteen energiakustannuslaskelmat	40
10.3	Mallikohteen investointikustannuslaskelmat	41
10.4	Mallikohteen huoltokustannuslaskelmat	42
10.5	Mallikohteen laskelmien yhteenveto	44
11	Yhteenveto	46
	Lähteet	48
	Liitteet	
	Liite 1. Kirjahaastattelu suunnittelijoille	
	Liite 2. LCC - taulukko	

1 Johdanto

Led-valaisimet ovat viime vuosina tulleet käyttöön kaikille valaistuksen osa-alueille ja ovat vakiinnuttaneet asemansa markkinoilla haastamalla perinteiset vaihtoehdot energiatehokkuudellaan. Aiemmin led-valoilla on ollut erilaisia ongelmia kuten lyhyt elinkaari, suppeat värilämpötilavalikoimat ja tehottomuus. Nykyisin led-valaisimet täyttävät kuitenkin yleisesti vaaditut normit ja tuotetarjontaa on kattavasti. Edelleen valaistus-suunnitelmia tehtäessä kohdataan kuitenkin erilaisia ongelmia, kun led-valaisimia käytetään projekteissa.

Insinööriyössä pohditaan, minkä tyyppisessä valaistuksessa ja millaisissa tiloissa led-valaistusta on kustannustehokasta käyttää. Case-kohteena käytetään liikerakennusta, jossa on korkeita myymälätiloja, kohdevalaistuja osastoja sekä matalampia erillistiloja. Työssä pohditaan aihetta suunnittelijan näkökulmasta ja otetaan kantaa asioihin, joita tulisi ottaa huomioon tällaisissa projekteissa. Tällä hetkellä valaistuksia suunniteltaessa valaisimia valittaessa päädytään vastakkainasetteluun, jossa valitaan valaisimet pääsääntöisesti ledien ja perinteisten valaisimien väliltä.

Insinööriyö tehtiin Granlund Oy:lle, joka on Suomessa sekä Venäjällä toimiva suunnittelutoimisto. Työn tuloksia kuten LCC-taulukkoa, joka tehtiin työtä varten on mahdollista käyttää yrityksen myöhemmissä projekteissa apuvälineenä laskettaessa kokonaiskustannuksia. Tätä insinööriyötä varten tehtiin myös kysely yhtiön sähkö- ja valaisin-suunnittelijoille, haastattelun tuloksia käytettiin avuksi työn tekemisessä.

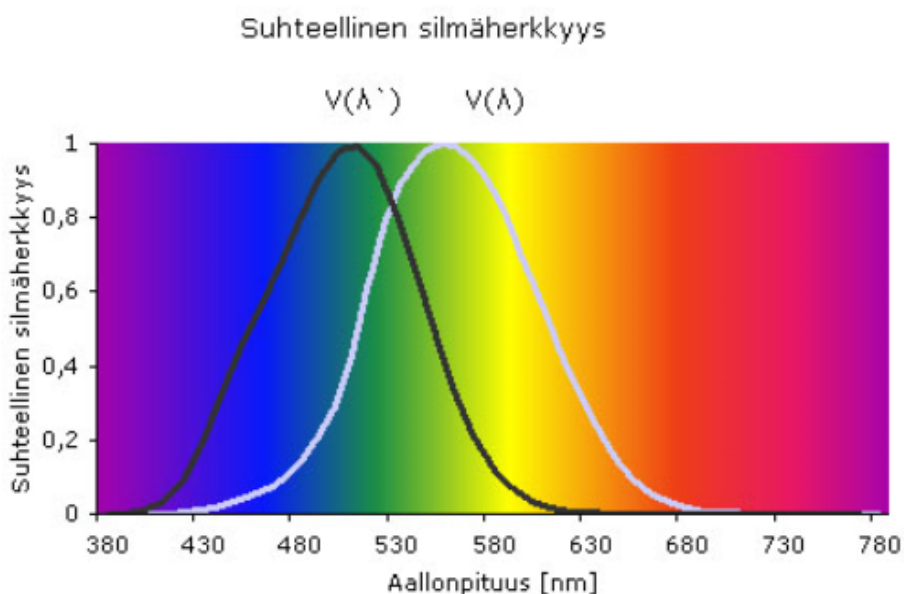
2 Valon ominaisuudet

2.1 Valaistuksen määrittäminen

Valaistus suunnitellaan aina näkemistä varten. Jotta voitaisiin toteuttaa toimivia valaistusratkaisuja olisi hyvä tietää, miten ihmisen silmä toimii. Ihmisen silmä sopeutuu melko nopeasti erilaisiin valaistuksiin. Värien ja yksityiskohtien näkemisen kannalta valaistustasolla on kuitenkin ratkaiseva merkitys. Valon laadulla ja määrällä on mahdollisuus vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen, tuottavuuteen ja työskentelyn laatuun. Valaisinsuunnittelussa näitä seikkoja tulee ottaa huomioon tarpeen mukaan huomioon. Jo valaisimien sijoituksella ja lukumäärällä, värintoistoindeksillä ja värilämpötilalla pystytään helposti vaikuttamaan yllä mainittuihin seikkoihin.

2.2 Ihmisen aistima valo

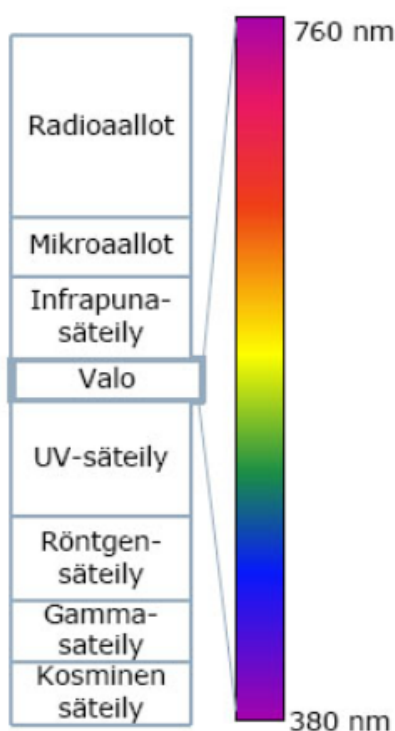
Valo, jonka ihminen aistii, on sähkömagneettista säteilyä. Ihmiselle näkyvät aallonpituudet ovat noin 400 - 700 nm. Ihmisen aistima valo on siis vain osa kaikesta sähkömagneettisesta säteilystä. Kaikki valon värit jakautuvat omille aallonpituuksilleen (kuva1)



Kuva 1. Valon värit jakautuvat eri aallonpituuksille [1, valo]

Ihmiselle näkymätöntä säteilyä ovat ultraviolettisäteily, jonka aallonpituudet ovat lyhyempiä kuin näkyvän valon ja infrapunan, jonka aallonpituudet ovat pidempiä kuin näkyvän valon (kuva 2). Ihminen aistii näkyvän valon eri aallonpituuksia eri tavalla. Esimerkiksi keltaisen valon (n. 555 nm) säteilytehon ihminen aistii noin 10 kertaa voimakkaammin kuin sinisen (n. 440 nm) lyhyet näkyvän valon aallonpituudet tai punaisen (690 nm) pitkät näkyvän valon aallonpituudet.

Ihmisen aistimat näkyvän valon aallonpituudet vaihtelevat ympäröivän valon määrän mukaan. Ihmisen silmän spektriherkkyyttä kuvataan suhteellisella silmäherkkyyskäyrällä $V(\lambda)$. Kuvassa 2 $V(\lambda')$ -käyrä kuvaa, kuinka hyvin ihminen näkee näkyvän valon eri aallonpituuksia hämärässä. $V(\lambda)$ -käyrä esittää, miten ihminen näkee näkyvän valon aallonpituuksia, kun ympäröivä valaistus on korkeampi.



Kuva 2. Eri säteilyn lajit [1, valo]

2.3 Valon värien vaikutukset näkemiseen

Ei ole samantekevää, miten valo muodostuu. Valossa, värillä ja värintoisto-indeksillä on suuri merkitys näkemiseen. Valo koostuu aina erivärisistä valon osista. Eriväriset valot summautuvat ja valkoista valoa saattaa syntyä jo muutaman eri aallonpituuden summana. Tämä kuitenkin tarkoittaa, että kyseinen valo ei myöskään toista muita värejä kuin niitä, joista tämä valkoinen valo koostuu. Samansävyiseltä näyttävät valot eivät siis välttämättä toista värejä yhtä hyvin. Valonlähteissä tätä kuvataan R_a indeksillä (taulukko 1):

Taulukko 1. Värintoistoindeksi R_a yli 85 indeksiä pidetään yleisesti hyvänä [1, valo ja väri]

Värintoisto-luokka	Värintoisto-ominaisuudet	R_a
1A	erittäin hyvät	$R_a \geq 90$
1B	hyvin hyvät	$80 \leq R_a < 90$
2	hyvät	$60 \leq R_a < 80$
3	tyyydyttävät	$40 \leq R_a < 60$
4	välttävät	$20 \leq R_a < 40$

3 Valon perussuureet

Valaistustekniikassa on yleisesti käytössä neljä perussuuretta: valovirta, valovoima, valaistusvoimakkuus ja luminanssi (taulukko 2). Näiden suureiden tunteminen on perusedellytys sille, että eri valaisimia ja lamppeja voidaan vertailla. Suureiden havainnollistaminen ja laskentakaavat esitetään kuvassa 3 (ks. s. 5).

Taulukko 2. Suureet ja yksiköt [1, perussuureet]

Suure	Yksikkö	Symboli	Kuvaus
Valovirta	lm (lumen)	Φ	Ilmaisee valolähteen tuottaman näkyvän valon kokonaismäärän
Valovoima	cd (kandela)	I	Kuvaa valolähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuutta (intensiteettiä)
Valaistusvoimakkuus	lx (luksi)	E	Pinnalle saapuvan valovirran määrä pinta-alayksikköä kohti (valovirran tiheys)
Luminanssi	cd/m ²	L	Kohdekappaleen pinnan valotiheys (pintakirkkaus)

Valovirta Φ [Φ] = 1 lm

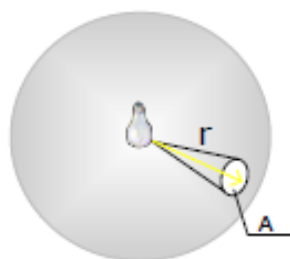
$$\Phi = \int_{780nm}^{380nm} K_m V(\lambda) \Phi_{e,\lambda} d\lambda$$

K_m 680 lm/W
 $\Phi_{e,\lambda}$ Säteilyvirran spektriherkkyys
 $V(\lambda)$ Suhteellinen silmäherkkyysluku

**Valovoima I**

[I] = 1 cd

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$



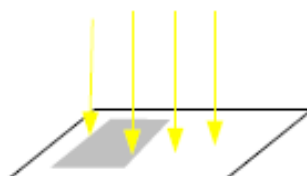
$d\Phi$ valovirta avaruuskulmaan $d\omega$

$$d\omega = \frac{A}{r^2}$$

Valaistusvoimakkuus E

[E] = 1 lx

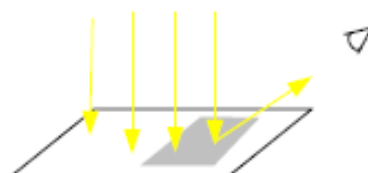
$$E = \frac{\Phi}{A}$$



Φ Pinnalle tuleva valovirta
 A pinnan pinta-ala

Luminanssi L[L] = 1 cd/m²

$$EL = \frac{dI}{dA \cdot \cos \alpha}$$

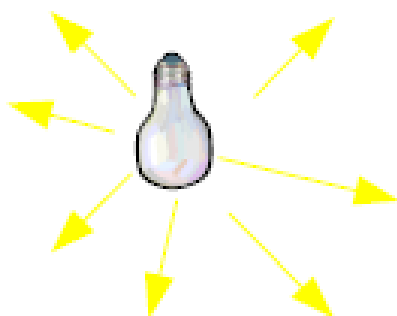


dI Valovoima katsesuunnasta
 $dA \cdot \cos \alpha$ Pinnan pinta-alan projektio katsesuuntaan

Kuva 3. Perussuureiden laskentakaavat [1: perussuureet]

3.1 Valovirta

Valovirta [Φ] indikoi valonlähteen tuottamaa valon määrää (kuva 4). Valovirta kertoo siis valonlähteestä lähtevän näkyvän valon määrän. Yleisesti valaisinvalmistajat ilmoittavat erikseen valaisimen ja lampun lumen määrän. Valaisimen lumen määrään vaikuttaa tehon lisäksi rakenne, etenkin valaisimen heijastimet ja kupu. Saman valaisimen valovirta kirkkaalla kuvulla on korkeampi kuin opaalikuvulla ja sitä voidaan tehostaa entisestään kirkkaalla heijastimella.



Kuva 4. Valonlähteen tuottama valon määrä [1, valovirta]

Sisävalaistuksessa käytettävien valaisimien valovirta on tyypillisesti 400 - 12 000 lm. Ulkovalaistuksessa käytettävät valaisimien valovirta on yleensä isompi noin 2 000 - 47 000 lm.

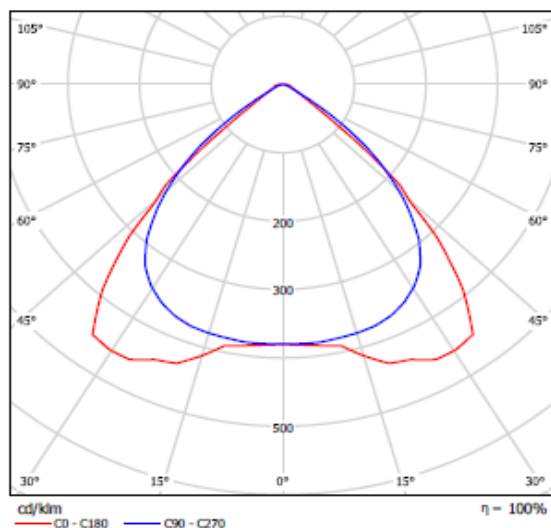
Valotehokkuus [lm/W] on yhdistettävissä valovirtaan. Valotehokkuudesta puhuttaessa on suositeltavaa tutkia kokonaisia valaistusjärjestelmiä tai yksittäisiä valaisimia liitännälaitteiden tehot huomioiden. Tällainen tarkastelu on tarpeellinen, kun halutaan valita kohteeseen energiatehokkaat valaisimet. [1, valotehokkuus; 2, s.15; 3, s. 429.]

3.2 Valovoima

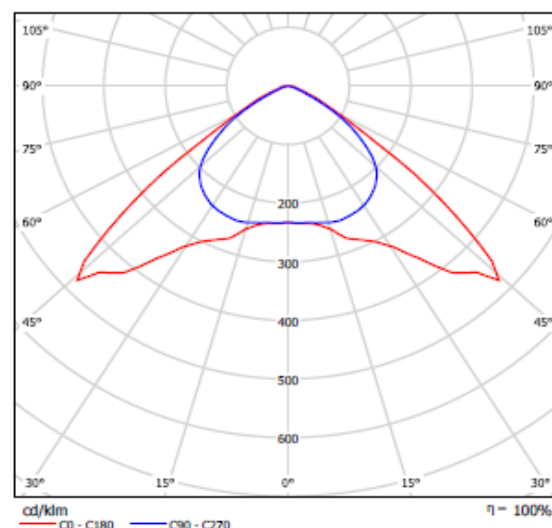
Valovoiman [I] yksikkö on watti/steradiaani. Sen avulla saadaan selville esimerkiksi kohdelamppujen ja valaisimien valonjako-ominaisuuksia. Valovoiman avulla saadaan selville, paljonko valoa lähtee valonlähteestä tiettyyn suuntaan. Niin kutsutulla valonjakokäyrällä (kuva 5 ks. s. 7) saadaan yksinkertaisimmin esitettyä valovirran

jakautuminen. Valovoimaa tulee pohtia, kun etsitään esimerkiksi kohdevalaisimia tai halutaan valaista myymälähyllyjen pinnat. Valaisimissa valonjako määrittää usein, milloisissa tiloissa valaisinta voidaan käyttää, vaikka samaa valaisinta on usein saatavilla erilaisilla valonjako-ominaisuuksilla, kuten kuvassa 5 nähdään. Valaisimen valonjako ilmoitetaan usein normalisoituna muodossa cd/klm eli kandeloita 1000 lm kohti. Todellinen valovoima saadaan, kun kerrotaan suhteellinen arvo valaisimessa olevien lampujen valovirralla.

WT460C L1300 1xLED42S/840/WB



WT460C L1600 1xLED64S/840/VWB



Kuva 5. Kahden Philips Pacific LED -valaisinversion valonjakokäyrät polaari- eli napakoordinaatistossa [4, s.21; 5, s.19]

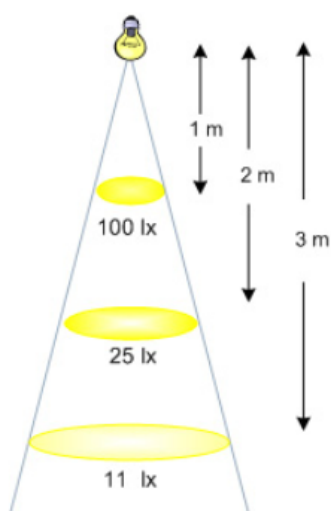
Tyypillisesti valaisimet on mahdollista hankkia erityyppisillä heijastimilla, jotka vaikuttavat valaisimen valonjakoon. Tyypillisiä vaihtoehtoja ovat: symmetrinen, epäsymmetrinen, syväsiteilevä, keskisäteilevä ja laajasäteilevä heijastin. Valovoima siis vaihtelee valonlähteen ympäristössä. Esimerkkejä valovoimasta:

- tavallinen kynttilä n. 1cd.
- 50 W/10° kylmäsädelampun valovoima on kohtisuoraa eteenpäin 12 500 cd.

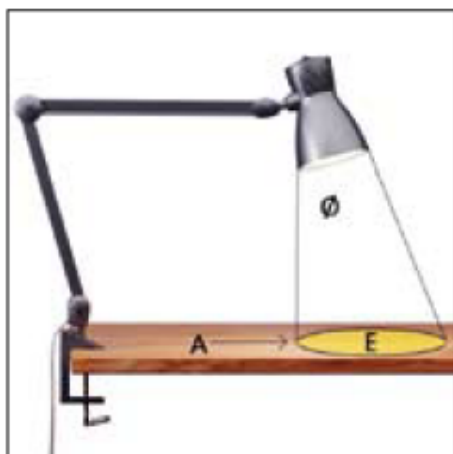
[2 s. 15; 4 s. 429.]

3.3 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus [E] riippuu kahdesta asiasta: pinnalle tulevan valovirran määrästä ja pinnan alasta. Käänteistä neliölakia käyttämällä saadaan selville, että valonlähteen ja pinnan välisen etäisyyden kaksinkertaistuminen pudottaa valaistusvoimakkuuden neljäsosaan (kuva 6). Valaistusvoimakkuutta joudutaan pohtimaan aina, kun valaisimien asennuskorkeuksia suunnitellaan, jotta riittävä valaistustaso saavutettaisiin käyttötasolla. Valaistusvoimakkuuden voi aistia vasta valon osuessa kohteen pintaa (kuva 7). Se on kuitenkin mitattavissa valaistusvoimakkuusmittarilla.



Kuva 6. Valaistusvoimakkuuden muuttuminen neliöllisesti [1: valaistusvoimakkuus]



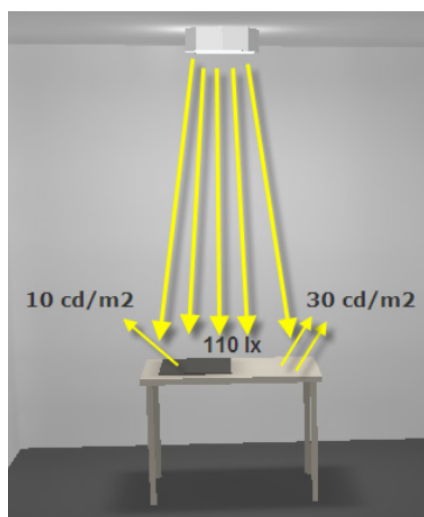
Kuva 7. Valaistusvoimakkuutta ei voi nähdä ennen sen osumista pinnalle [4 s. 429]

Valaistusvoimakkuusarvoesimerkkejä

- ulkona päivällä 5 000 - 100 000 lx.
- ulkovalaistuksen voimakkuus yöllä 1 - 15 lx.
- sisällä 100 - 1 000 lx.

3.4 Luminanssi

Luminanssi [L] on ainut näistä neljästä valaistuksen perussuureesta, jonka ihminen voi havaita. Se aiheutuu pinnan heijastumissuhteen ja valaistusvoimakkuuden yhteisvaikutuksena (kuva 8). Luminanssi ilmaisee siten tietyn kappaleen pinnan valotiheyden eli pintakirkkauden, kandela/neliömetri. Luminanssia käytetään määrittämään esimerkiksi näyttöpäätetyötilojen valaisimien valoaukon kirkkautta. Luminanssi riippuu monista asioista. Esimerkiksi pinnan väristä, materiaalista sekä katselusuunnasta. Tummat värit eivät heijasta valoa yhtä tehokkaasti kuin vaaleat. Samoin mattapintaiset materiaalit eivät heijasta yhtä tehokkaasti kuin kiiltävät. Katselusuunta vaikuttaa siten, että valon tulosuunnasta riippuen kiiltävä pinta peilaa valoa eri suuntiin. Luminanssiin liittyy myös erilaiset häikäisy-ongelmat. Liian kirkas valo voi aiheuttaa kiusahäikäisyyä, koska korkea luminanssi estää näkemisen. Estohäikäisy taas voi johtua esimerkiksi valonheijastumisesta kiiltävästä pinnasta.



Kuva 8. Luminanssi on tiettyyn suuntaan pinnasta heijastuvan valovoiman suhde pinnan tästä suunnasta näkyvän projektion pinta-alaan [1: luminanssi]

Valaisinsuunnittelussa tulee luminanssi ottaa huomioon siten, ettei valaisimia asenneta suoraan näkökenttään. Valaisintyyppi tulee suunnitella aina kohteen mukaan. Vaikuttava tekijä on esimerkiksi valoaukon kirkkaus. Ratkaisu ongelmaan voi olla esimerkiksi suojakuvun materiaalin vaihtaminen kirkkaasta opaaliin (kuva 9).



Kuva 9. Valaisimen valoaukon kirkkauteen voidaan vaikuttaa suojalasin valinnalla [4, s. 281]

Esimerkkejä

- Aurinko keskipäivällä $16 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$.
- Pilvinen taivas $2\,000 \text{ cd/m}^2$.
- Loistelamppu $10\,000 - 40\,000 \text{ cd/m}^2$.
- Opalikupuinen valaisin $3\,000 - 4\,000 \text{ cd/m}^2$.

[1: luminanssi; 4, s. 429.]

4 LED-tekniikka

4.1 Led-historia

LED-tekniikka on itsessään vanha keksintö. Ensimmäiset punaiset puolijohde-ledit valmistettiin jo 1960-luvun alussa. Kahden ensimmäisen vuosikymmenen aikana punaisia LED-valoja käytettiin lähinnä merkkivaloina elektroniikassa. Esteenä ledien kehitykselle olivat materiaaliongelmat, käytettävät galliumarsenidi ja -fosfidi. Nämä materiaalit rajoittivat ledien aallonpituutta. Keltainen ja vihreä led seurasivat myöhemmin punaisen ledin kehitystä. Noin 30 vuotta punaisen ledin kehittämisen jälkeen vuonna 1993 kehitettiin sininen led. Tällöin ledit kattoivat koko näkyvän valon spektrin. Samalla sinisen ledin keksiminen mahdollisti valkoisen fosforipohjaisen ledin. Esimerkkinä punaisen ledin tehokkuus on viisinkertaistunut aina kymmenen vuoden välein. Valkoisen ledin kehityksessä on edetty samaa tahtia mutta kehittämisen esteenä ovat fysiikan lait ja kehitys ei nykyisillä tekniikoilla ole enää mahdollista. [5]

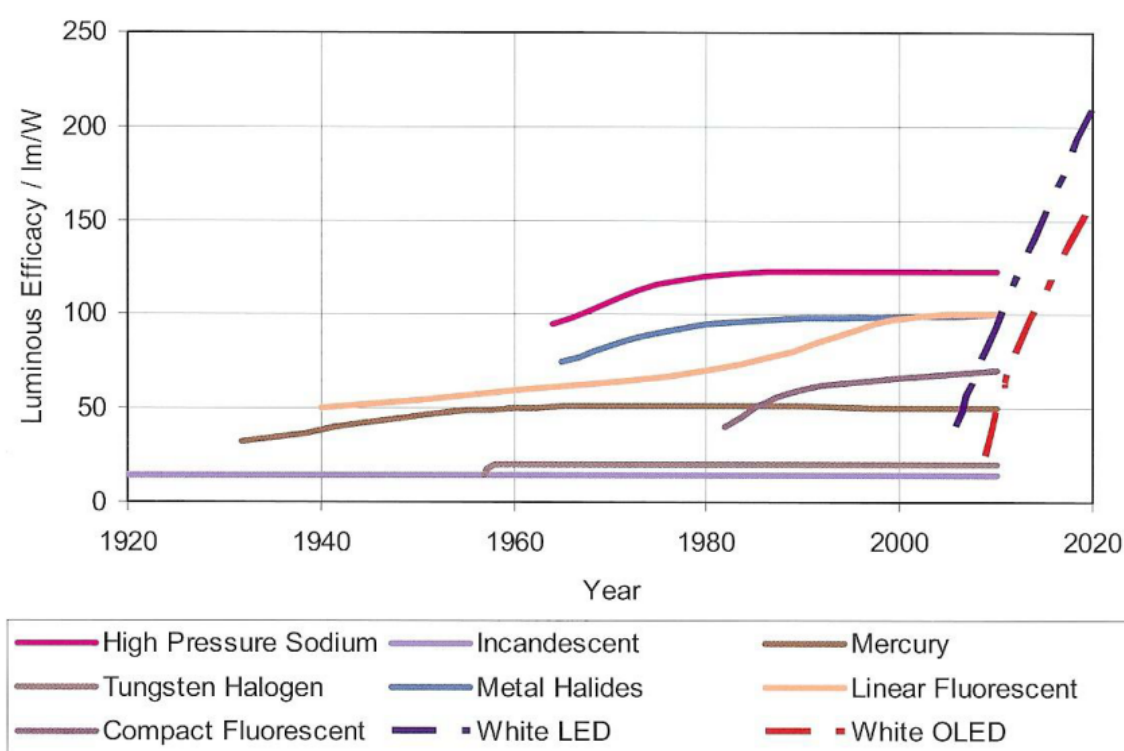
4.2 Orgaaniset ledit (OLED)

OLED: t ovat nykyisin käytössä mm. näyttöjen ja LCD-televisioiden taustavalaistuksessa. Orgaanisten ledien odotukset ovat tulevaisuudessa myös korkealla. OLED:n hienoutena voidaan pitää portaatonta värilämpötilan säätämistä ja pintojen tasaista valaistamista. Puolijohde-ledin ja OLED:n ero on valmistusmateriaaleissa. OLED rakentuu kahdesta elektrodikerroksesta, joiden välissä on orgaaninen polymeerikalvo. Puolijohde-led valmistetaan kiteisestä puolijohdemateriaalista. Yleisesti orgaanisten ledien käyttö on vielä alkuvaiheessa mutta kehitys on viime vuosina ollut erittäin nopeaa. Ongelmia tuottavat polymeerikalvon elinikä, korkea hinta ja heikohko valontuotto verrattuna puolijohde-ledeihin. [5]

4.3 Energiatehokkuus

Eri valonlähteiden energiatehokkuuksia tarkasteltaessa (kuva 10, ks. s. 12) huomataan, että valkoisen ledin kehitys on ollut erityisen nopeaa. Ledien energiatehokkuus eli

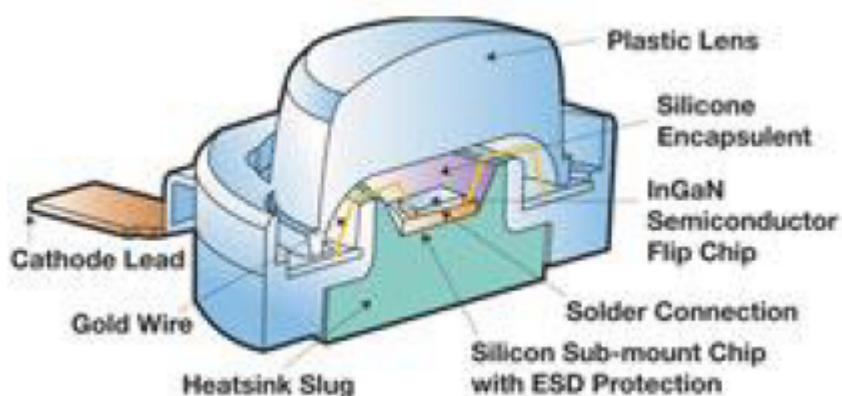
lumen/watti on ollut jo pitkään parempi, kun hehkulampussa (n. 10 lm/W). Ledien on arvioitu laskennallisesti yltävän jopa 300 lm/W, uusilla ledeillä laboratorio-olosuhteissa on päästy yli 250 lm/W:n tuloksiin. Vertailun vuoksi loisteputkella energiatehokkuus on noin 100 lm/W. Rajoittavia tekijöitä energiatehokkuuden parantamisessa ovat lämmön hallinta, sillä led ei luovuta lämpöä säteilynä, jolloin se vaatii tehokkaan jäähdytyksen. Samoin normaalissa valaistuksessa käytössä olevien alhaisempien värilämpötilojen energiatehokkuus jää alhaisemmaksi kuin korkeammilla värilämpötiloilla. On otettava myös huomioon, että led-valaisimien energiatehokkuus jää usein komponenttien ilmoitettuja arvoja vaatimattommaksi, sillä valaisimessa syntyy lisähäviöitä. [6, 7]



Kuva 10. Eri valonlähteiden valotehokkuuksien kehittyminen [8 s.16]

4.4 Pintaliitos-led

Valaistuksessa käytettävät ledit ovat usein pintaliitosledejä (kuva 11). Niitä käytetään led-lampuissa (kuva 12) ja valaisinmoduuleissa. Valaisinmoduulit koostuvat useista yksittäisistä pintaliitosledeistä. Pintaliitosledien etuna ovat sen teho sekä matala rakenne.



Kuva 11. Pintaliitosledin rakenne [7, s. 6]



Kuva 12. GU 10 -kantainen lamppu, joka koostuu 15 pintaliitosledistä [9]

5 Mallikohde K-supermarket Pohjois-Haaga

K-supermarket avattiin Helsingin Pohjois-Haagaan syksyllä 2013. Liikerakennus koostuu erilaisista tiloista: myymälä, aula, takatilat, varastot, sosiaalitilat, toimisto ja tekniset tilat. Kyseisessä kohteessa sisävalaistus on toteutettu lähes kauttaaltaan T-5 2x49W:n loistevalaisimilla. Valaistus on pyritty toteuttamaan siten, että valaisimet on asennettu keskelle käytävää myymäläkalusteiden väliin. Ideaalitalanteessa valaisimet olisi kohdistettu siten, että ne valaisivat myyntihyllyjä, eivät niinkään lattiaa. Ruokakeskon suunniteluohjeissa on määritelty valaistusvoimakkuudeksi myymälässä käyttötasolle, yhden metrin korkeuteen lattiasta, 800 lx (taulukko 3 ks. s. 25). Katoksessa ja parkkialueella ulkovalaistus on toteutettu monimetallivalaisimilla.

Päiväaikaan myymälään sekä aulatilaan tulvii luonnon valoa, sillä rakennuksen etuseinä on täysin lasia. Myös molempien sivuseinien yläreunoissa on ikkunat koko seinien mitalla (kuva 13). Tästä syystä päivällä valaistusvoimakkuudet saattavat nousta moninkertaisiksi verrattuna vaadittuihin arvoihin. Työssä ei oteta kantaa valaistuksen ohjaukseen, mutta tällaisessa kohteessa, jossa luonnon valoa on paljon, säädettävä valaistus voisi olla hyvä keino saavuttaa energiasäästöjä.



Kuva 13. Päiväaikaan Pohjois-Haagan myymälässä on runsaasti valoa

6 Insinööriyössä käytetyt menetelmät

6.1 Suunnittelijoiden haastattelut

Insinööriyö on tehty suunnittelijan näkökulmaa ajatellen ja siksi päätettiin tehdä haastattelu (liite 1) Granlund Oy:n valaistus- ja sähkösuunnittelijoille. Haastattelussa käytettiin kirjehaastattelua, joka on usein käytetty tutkimusmenetelmä. Kirjehaastattelun hyvinä puolina voidaan pitää luotettavuutta. Ongelmana on prosessin pitkä kesto sekä alhainen vastausprosentti. Haastattelukirjeitä jaettiin 18 ja vastauksia saatiin 12. Vastausprosentti oli siis 66 %, jota voidaan pitää tyydyttävänä tuloksena. Haastattelulla ei pyritty saamaan yksiselitteistä tilastoa vaan sen avulla haluttiin ainoastaan saada laajempi näkemys asiaan nimenomaan suunnittelijoiden näkökulmasta. [10 s.107, 11]

6.2 Tutustuminen mallikohteeseen

Insinööriyön mallikohde oli K-supermarket Pohjois-Haaga. Kohteessa käytiin tutustumassa ja valokuvaamassa valaistusta. Kauppiaalta myös tiedusteltiin hänen omia kokemuksiaan valaistuksesta ja sen hyvistä sekä huonoista puolista. Kauppiaan mielestä kohteen valaistus oli toimiva mutta sen säädettävyys voisi olla parempi. Myös energia- tehokkaampi valaistusratkaisu olisi ollut tervetullut perinteisen valaistuksen tilalle.

Helsingin Torpparinmäessä sijaitsee samankokoinen K-supermarket, jossa valaistus on toteutettu led-valaisimilla. Torpparinmäessä käytiin myös tutustumassa sekä kuvaamassa. Led valaistuksen asentamisessa oli valaisimet asennettu noin metri suunniteltua korkeammalle, tästä johtuen valaistustaso oli silmämääräisesti arvioituna alhainen ja myös kauppiaan mukaan valaistuksen taso tulisi olla korkeampi. ensimmäisen kahden vuoden aikana Philipsin led-moduulivalaisimia oli jouduttu vaihtamaan "muutamia" niiden rikkouduttua.

6.3 Insinööriyössä käytettävän materiaalin hankinta

Materiaalia kuten kohteen nykyiset valaisinluettelot sekä pohja- ja sähköpiirustukset saatiin Granlund Oy:ltä. Valaistusvaatimukset K-supermarketeissa saatiin

Ruokakeskon suunnitteluohjeesta. Muuten materiaali kerättiin Metropolia Ammattikorkeakoulun opetusmateriaaleista, valaistusalan kirjallisuudesta, julkaisuista sekä internetistä.

7 Suunnittelijoiden haastattelutulokset

Suunnittelijoiden haastattelussa selvitettiin, millaisia ongelmia suunnittelijat ovat kohdanneet, kun ledejä on käytetty projekteissa. Vastaavasti kysyttiin, millaisia hyötyjä ko. projekteissa on kohdattu. Erikseen juuri tätä mallikohdetta varten selvitettiin suunnittelijoiden mielipiteitä yleisvalaistuksen tuottamisessa led-valaisimilla korkeammissa tiloissa (4 - 5 m). Tällaiset korkeammat tilat ovat normaaleja myymälätiloissa. Suunnittelijoilta kysyttiin mm. seuraavia kysymyksiä: millaisissa tiloissa led-valaisimia kannattaisi nykyisin käyttää, mistä he haluaisivat lisätietoa liittyen led-valaistukseen sekä millaista palautetta asiakkaat ovat led-valaisimista antaneet. Alla olevissa kysymyslomakkeissa on vastaus kohtaan kirjattu laskennallinen keskiarvo kaikista saaduista vastauksista, joissa suunnittelijat arvioivat vastauksensa arvosanoin 1-5 pistettä.

7.1 Ongelmat led-valaistuksessa

Vastaajien mielestä selkeästi suurin ongelma led-valoissa oli korkeat investointikustannukset (kuva 14). Muita ongelmia olivat ledien suppeampi tuotevalikoima verrattuna perinteisiin valaisinvaihtoehtoihin sekä valaistuksen toteuttaminen korkeissa tiloissa että valmistajien ilmoittamat valaisimien ryhmäkoot. Led-valaisinryhmissä valaisimien syttyessä syntyy virtapiikki, joka tulee ottaa huomioon, kun valaisimia ryhmitellään. Valaisinten ryhmittelymäärä joudutaan kysymään erikseen valaisinvalmistajalta ja tämä tuottaa suunnittelijalle ylimääräistä vaivaa.

2. Ongelmat, millaisia ongelmia olet projekteissa kohdannut? 1-5 (1=vähän, 5=paljon)	
Led-valaisimien hinta	3,9
Heikompi valovirta vrt. perinteisiin vaihtoehtoihin (valaisimia joudutaan asentamaan enemmän)	2,5
Suppea tuotevalikoima	2,7
Korkeat asennuskorkeudet (4-5m)	2,7
Valaisimien värintoistoindeksi	2,2

Kuva 14. Suunnittelijoille tehty haastattelu; kysymys led-valaistuksen ongelmista; kuvassa näkyvä arvosana on keskiarvo vastaajien antamista tuloksista [11]

Led-tekniikan kehittyminen on viimevuosin ollut nopeaa. Kiinassa on kehitteillä mm. pii-pohjainen led-teknologia. Uuden teknologian käyttöönotto nostaa led-valojen hyötysuhteen 125 - 160 lm/W:iin. Tämä uusi tekniikka laskee myös tuotteiden hintoja ja tulee parantamaan ledien hintakilpailukykyä perinteisiä valaisimia vastaan. Samaan aikaan, kun ledien energiatehokkuus kasvaa, helpottuu niiden käyttö myös korkeissa tiloissa.

Nykyisin led-valaistuksen osuus kaikesta valaistuksesta on maailmanlaajuisesti noin 10 prosenttia. On arvioitu, että taitekohta ajoittuu vuoteen 2016 – 2017, jolloin led-valaistuksen osuus olisi 30 - 45 prosenttia. Samaan aikaan tuotteiden hinnat alkavat laskea nopeammin. Nykyisin ledien luotettavuus on myös parempi kuin aiemmin. Tulevaisuus siis lupaa helpotusta ledien käyttöön erilaisissa projekteissa. [12; 14]

7.2 Hyödyt led-valaistuksessa

Parhaita puolia led-valaistuksessa suunnittelijat kokivat olevan valaisimien pitkä elinkaari siitä johtuvat pidemmät huoltovälit ja energian säästöt verrattuna perinteisiin valaisimiin (kuva 16).

3. Hyödyt, mitkä hyödyt ovat nousseet esiin projekteissa, kun led-valaisimet ovat tulleet valituiksi? (1=vähän, 5=paljon)	
Energiasäästöt	3,5
Säädettävyys	3,0
Pitkä elinkaari	4
Pidemmät huoltovälit	4
Hyvät valonjako-ominaisuudet	2,2

Kuva 15. Suunnittelijoille tehty haastattelu; kysymys led-valaistuksen hyödyistä; kuvassa näkyvä arvosana on keskiarvo vastaajien antamista tuloksista [11]

Kuten aiemmin todettiin led-valaistuksen toteutuksessa, hinta on usein ongelma. Investointikustannuksia kuitenkin pystytään pitkällä aikavälillä kompensoimaan energiasäästöillä sekä pitkän elinkaaren mukanaan tuomilla mahdollisilla huoltokustannusten pienentymisillä. Huomioitavaa on, jos suunniteltava kohde on vaikeakulkuinen, saattaa huoltojen vähentyminen tuoda isoja säästöjä, toisaalta helposti huollettavissa kohteissa ei säästöjä välttämättä synny. Mikäli kohteessa on paljon ilmassa leijaillevaa pölyä tai muuta likaa, pitää ottaa huomioon, että valaisimet joudutaan kuitenkin puhdistamaan useammin, ja samalla valaisin pystytään huoltamaan. Liikerakennuksissa valaisimen likaantuminen ei kuitenkaan ole akuutti ongelma.

Led-valojen parempi säädettävyys luo kuitenkin edellytykset entistä suuremmille energiasäästöille. Energiakustannusten arviointi tulevaisuudessa on kuitenkin erittäin vaikeaa. Sähkön hinta on laskussa, mutta sen kehityksestä ei ole takeita. Tämä seikka tulee ottaa huomioon, kun lasketaan esimerkiksi erilaisten valaistusratkaisuiden takaisinmaksuaikoja. Haastattelussa tuli myös esille, että led-valaisimien tuoma imago-kysymys puoltaa ledien valintaa projekteissa. [11; 13]

Led-tekniikan kehityksen ansiosta markkinoille tulee valaisimia entistä paremmalla hyötysuhteella (kuva 10, ks. s. 12). Suomessa Greenled Oy on lanseerannut valaisimen, jonka hyötysuhde on jopa 160 lm/W ja elinikä 70 000 tuntia. Vertailun vuoksi pienloistelampulla valotehokkuus 60 lm/W ja elinikä 5 000 - 15 000 tuntia. Voidaan todeta, että uudella tekniikalla pystytään saavuttamaan suuria kustannussäästöjä. Energiansäästöjä on vielä mahdollista tehostaa käyttämällä säädettävää valaistusta, jonka

ledien käyttö mahdollistaa. Oikein asennettuna säädettävyys luo myös lisäviihtyvyyttä käyttäjälle. [14; 17.]

7.3 Led-valaistus korkeissa tiloissa

Myymlävalaistukseen liittyen haastattelussa kysyttiin suunnittelijoiden mielipidettä led-valaistuksen toteuttamisesta korkeissa tiloissa (kuva 16, ks. s. 19). Myymälöissä yleisvalaistus on yleensä asennettu noin neljään metriin. Yleisvalaistus on toteutettu lähes poikkeuksetta loistevalaisimilla. Mallikohteessa on käytetty T-5 2 x 49 W:n valaisimia ja asennuskorkeus neljä metriä.

4. Led-valaistus korkeissa tiloissa 4-5m (Yleisvalaistus) joissa perinteisesti käytetty T5 loistevaloja 1-5.
(1=erimielistä, 5=samaa mieltä)

Olen suunnitellut valaistusta led valaisimilla ko. kohteissa, alleviivaa: 5 kyllä / 13 ei

Led-valaisimia löytyi kohteeseen helposti

2,9

Ko. kohteissa vaadittu valaistusvoimakkuus oli led-valaisimilla helposti saavutettavissa

3,1

Valaisimia jouduttiin asentamaan poikkeuksellisen paljon

3,1

Investointikustannukset nousivat korkeiksi

3,9

Muuta: (Kerro vapaasti kokemuksistasi ko. kohteissa)

Kuva 16. Suunnittelijoille tehty haastattelu. Kysymys led-valaistuksesta korkeissa tiloissa. Kuvassa näkyvä arvosana on keskiarvo vastaajien antamista tuloksista [11]

Korkeat tilat eivät tee poikkeusta, vaan samoin kuin muissakin led-valaistuskohdeissa isot investointikustannukset tuottivat ongelmia. Lisää ongelmia korkeissa tiloissa tuottaa sopivien valaisimien valitseminen, koska korkeissa tiloissa valaisimilta vaaditaan korkeita lumen-määriä. Osassa, etenkin halvemmissä led-valaisimissa, lumen-määrät ovat vielä heikkoja verrattuna perinteisiin loistevalaisimiin.

Valaistusvoimakkuus tippuu neljännekseen etäisyyden kasvaessa kaksinkertaiseksi. Valaistusvoimakkuuden määrään vaikuttaa suoraan lumen-määrä, koska valaistusvoimakkuuden määritelmä on lumen/pinta-ala. Seurannaisvaikutuksena tulee valaisimien määrän kasvaminen. Korkeissa tiloissa led-valaistuksen etuina voidaankin pitää

valonjakoa, joka on perinteisiä ratkaisuja parempi. Led-valaisimilla pystytään valo ohjaamaan tehokkaasti haluttuun pinnan kohtaan, eikä hukkalamppeita synny niin paljon.

Tekniikan kehittyminen on siis tuomassa helpotusta led-valaisimien käyttöön myös korkeissa tiloissa. Jo nyt on teknisesti mahdollista valaista todella korkeita tiloja ledeillä ja niillä saavutetaan myös säästöjä elinkaarikustannuslaskelmissa. Esimerkkinä vuonna 2013 Helsingin jäähallin valaistus suunniteltiin ja toteutettiin uudelleen led-valaisimilla, samalla se oli maailman ensimmäinen Led-valaistu pääsarjatason jäähalli (kuva17, ks. s. 20). Valaistus toteutettiin erittäin tehokkailla 375 W:n led-moduuleilla. [12; 18.]



Kuva 17. Helsingin jäähallin uusittu led-valaistus 2013 [18]

7.4 Tilat, joissa led-valaistusta kannattaa käyttää

Haastattelun vaihtoehdot oli laadittu niin, että ne kuvasivat mahdollisimman hyvin esimerkkikohteen tiloja (kuva 18, ks. seur. s.). Vastauksien tasainen ja verrattain korkea pistemäärä osoittaa, että suunnittelijat ovat valmiita käyttämään led-valaisimia monissa eri kohteissa. Suunnittelijoiden mukaan led-valot soveltuvat parhaiten kohdevalaistukseen. Kohdevalaistuksessa led-valojen edut syntyvät mm. pitkästä eliniästä sillä kohdevalot ovat päällä aina, kun myymälä on auki. Pidemmät huoltovälit ja energiasäästöt tuottavat säästöjä elinkaarikustannuslaskennassa.

Mallikohteen kokoisessa marketissa kohdevaloja on 20 - 30 kappaletta eli säästöjä on mahdollista saavuttaa oikeilla valaisinvalinnoilla. Lähtökohtaisesti kohdevalot on sijoitettu niin, että niiden huoltaminen on hyvin helppoa ja samalla se tarkoittaa myös valaisimien sijaitsevan asiakkaiden näkökentässä. Pidempi elinikä takaa kuitenkin sen, etteivät asiakkaat kohtaa myymälässä rikkiinäisiä kohdevaloja. Led-valo ei säteile lämpöä, näin asiakas säästyy epämiellyttävältä paikoittaiselta kuumotukselta eri osastoilla verrattuna perinteisiin halogeeneihin. Insinööri työssä ei kuitenkaan oteta laskelmissa kohdevalaisimia huomioon. Syynä mallikohteessa nykyisin olevan kohdevalaistuksen tietojen puutteellisuus.

5. Missä tiloissa koet, että led valaistusta kannattaa tällä hetkellä käyttää? 1-5 (1=erimielä, 5=samaamielä)

Myymäla/Market, yleisvalaistus (Korkeat tilat)	3,2
Kohdevalaistus, esim. myymälät	4,2
Toimisto, yleisvalaistus	3,2
Varastot	3,9
Sosiaalitilat	3,8
Parkki-/ulkoalueet	3,9

Kuva 18. Suunnittelijoille tehty haastattelu. Kysymys led-valojen käyttökohteista. Kuvassa näkyvä arvosana on keskiarvo vastaajien antamista tuloksista [11]

Varastoissa, ulkoalueilla ja sosiaalitiloissa led-valaistuksen käyttö oli myös suosittua. K-supermarketissa varastojen valaistusta ohjataan liiketunnistimilla. Led-valaisimien käyttö liiketunnistimien kanssa on hyvä ratkaisu, sillä led-valot syttyvät nopeasti verrattuna loistevalaisimiin tai energiansäästölamppuihin. Käveltäessä sisään pimeään varastuhuoneeseen on tärkeää, että valot syttyvät mahdollisimman nopeasti. Osa varastotiloista on kylmiä tiloja. Ledin valontuotto parantuu kylmässä, kun taas loistevalaisimien valontuotto heikentyy ja syttymisaika pitenee.

Parkki- ja ulkoalueilla led-valaistus on yleistynyt Suomessa viime vuosina melko paljon ja esimerkkikohteita on jo useita. Hyötyjä led-ulkovalaistuksessa saadaan energiatehokkuudesta, pitkästä käyttöiästä ja hyvästä valkoisesta valosta. Ulkovalaistuksen huoltokustannuksia voidaan pitää korkeina, koska asennuskorkeudet ovat korkeita ja

valaisimien huoltoon tarvitaan yleensä nosturiautoa. Tällöin valaisimen pitkä elinikä korostuu. Suomessa myös kylmät olosuhteet puoltavat ledien käyttöä ulkovalaistuksessa.

Yksi esimerkki onnistuneesta parkkipaikkavalaituksesta on suomalaisen led-valaisimia valmistavan yrityksen toteuttama valaistus Dubaissa Arabiemiraateissa. Älykäs ja energiatehokas valaistus sai kiitosta Lähi-idän suurimmassa rakennusalan ammattipahtumassa vuonna 2013. Sama yritys on toteuttanut liikerakennusten parkkipaikkavalaituksia myös Suomessa, Saarijärven S-market 2012. Käyttäjien palaute led-parkkialuevalaistuksesta on ollut positiivista (kuva 19, ks. seur. s.). [11; 14 s.13; 15; 16.]



Kuva 19. Suomalaisen Easy LEDin toteuttama älykäs led-valaistus Dubaissa [15]

7.5 Suunnittelijoille tehdyn haastattelun tulosten yhteenveto

Haastattelun otanta oli melko pieni mutta jo 12 alan ammattilaisen mielipiteillä on mahdollista saada näkemys, mitä asioita tulee ottaa huomioon led-valaistusta suunniteltaessa. Haastattelun perusteella voidaan nostaa esiin muutamia

seikkoja, jotka erottuivat selvästi:

- investointikustannukset
- elinkaariajattelu
- laajat käyttömahdollisuudet
- laatu ja luotettavuus
- valmistajien tuotetiedot.

Suurin kompastuskivi led-valaistuksen toteuttamisessa ovat suuret investointikustannukset. Tilanne onkin se, että suunnittelijat joutuvat lähes kaikissa projekteissa miettimään kuhunkin kohteeseen järkevän vaihtoehdon valitsemista.

Led-valaistusta valittaessa täytyy ottaa korostetusti huomioon elinkaarikustannukset. Koska valaisimien hankintahinnat ovat vielä korkeita, täytyy led-valaisimien valitseminen perustella asiakkaalle energiakustannussäästöinä, pidempänä elinaikana ja vähentyvällä huollon tarpeena.

Led-valaisimien saatavuus on nykyisin hyvällä tasolla, näin ollen niitä voidaan käyttää useimmissa olosuhteissa. Haastattelun kysymyksistä suunnittelijat olivatkin eniten samaa mieltä juuri tässä asiassa (kuva 18).

Eniten epäilyksiä led-valaisimissa herättivät pitkät elinajan odotteet. Led-valonlähteitä ei ole vielä pystytty testaamaan tarpeeksi, jotta niihin voitaisiin täysin luottaa. Lisäksi vanhempien ledien luotettavuudessa on ollut ongelmia.

Valaisimien valmistajilta haluttaisiin enemmän tietoja etenkin led-valaisimien ryhmittelykoosta, parempia korvaavuustaulukoita verrattuna perinteisiin valonlähteisiin sekä nopeammin päivittyviä DIALux-tiedostoja, jotka ovat useiden led-valaisinmallien osalta puutteellisia.

8 Mallikohteen valaistuksen suunnittelu ja kustannukset

Mallikohteeseen suunniteltiin yhteensä neljä erilaista valaistuskokonaisuutta. Vertailtavia valaisinvaihtoehtoja valittaessa niiden tuli olla asennettavissa samalla tavalla kuin jo kohteessa olevat perinteiset valaisimet. Valaisimiksi ei myöskään otettu keskimääräistä huomattavasti kalliimpia valaisimia, koska haluttiin kilpailukyvyyn säilyvän eri vaihtoehtojen välillä. Led-valaisimissa on aiemmin ollut ongelmia värintoistoindeksissä, nykyisin suurin osa valaisimista kuitenkin ylittää yli 80 Ra-indeksi arvoon, jota pidetään yleisesti hyväksyttävänä. Samoin valaisimia eri värilämpötiloilla oli saatavilla hyvin, etenkin mallikohteen myymälätiloissa käytettävä värilämpötila 4 000 K oli helposti löydettävissä kaikista valaisinmalleista.

Hinnat, jotka laskelmissa on esitetty, ovat valmistajien ilmoittamia listahintoja, eivätkä ne sisällä arvonlisäveroa. Hinnoissa ei myöskään ole otettu huomioon asennuskustannuksia, vaan hinta kattaa ainoastaan valaisimen hankintahinnan.

8.1 Valaistuksen suunnitteluohjeet ja suunnittelu

Ruokakeskon kohteisiin on olemassa omat suunnitteluohjeet, joita noudatettiin myös tässä insinöörityössä tehdyissä suunnitelmissa ja laskelmissa. Keskeisiä asioita, joita valaisinsuunnittelussa tulee ottaa huomioon ovat mm. taulukossa 3 (ks. s. 25) esitettävät valaistusvoimakkuustasot, värilämpötilat ja värintoistoindeksit. Määritelmässä on suosituksia, mitä valaisintyyppiä kussakin tilassa pyritään käyttämään ja miten ne asettaa. Valaisimien takuu- ja laatuvaatimukset on myös määritelty ohjeissa selkeästi. Led-valaisimien tulee täyttää yleiset laatuvaatimukset, eli

- 50 000h L70
- värilämpötila 3 000 K - 4 000 K
- värintoistoindeksi Ra > 80
- valaisimien rakenne täyttää yleiset laatuvaatimukset
- kahden vuoden takuu.

Yleisesti on määrätty, että käytettävien valaisimien on tyypistä huolimatta oltava pitkäikäisiä ja energiaystävällisiä.

Taulukko 3. Valaistuksen suunnitteluohjeessa määritellyjä arvoja valaistukselle eri tiloissa
[20: liitteet 1 - 3]

Tila	Väriämpötila K	Värintoistoindeksi Ra	Valaistusvoimakkuus Lux	Lamppu ILCOS
Sisäänkäyntikatos	n.4000	>80	500	T5
				PL
				LED
Tuulikaappi	n.4000	>80	800	T5
				PL
				LED
Pääaula	n.4000	>80	800	T5
				PL
				LED
Myymälä, yleisvalaistus	4000	>80	800	T5
				LED
Hyllyjen etupinta	4000	>80	500	
Kassa-alue, yleisvalaistus	4000	>80	800	T5
Pullopalautuksen laitehuone	4000	>80	300	T5
Varastotilat	4000	>80	300 *)	T5
				LED
Tavarin vastaanotto	4000	>80	300 *)	T5
Myymälän kylmätilat (kylmiöt jne)	4000	> 80	300 *)	LED
Lastauskatokset ja -alueet	n.3000	50-80	200 *)	MT
				LED
Toimistot	4000	>80	500	T5
				PL
Sosiaalitilat	4000	>80	300	LED
				PL
Piha-alue	3000	50-80	20	MT
				LED

8.2 Mallikohteen eri tilat ja niiden erikoistarpeet

Mallikohteen tilat jaettiin laskennan helpottamisen takia eri osiin

- myymälään
- tuulikaappiin ja sisääntuloaulaan
- takatiloihin
- ulkokatokseen
- parkkipaikkaan.

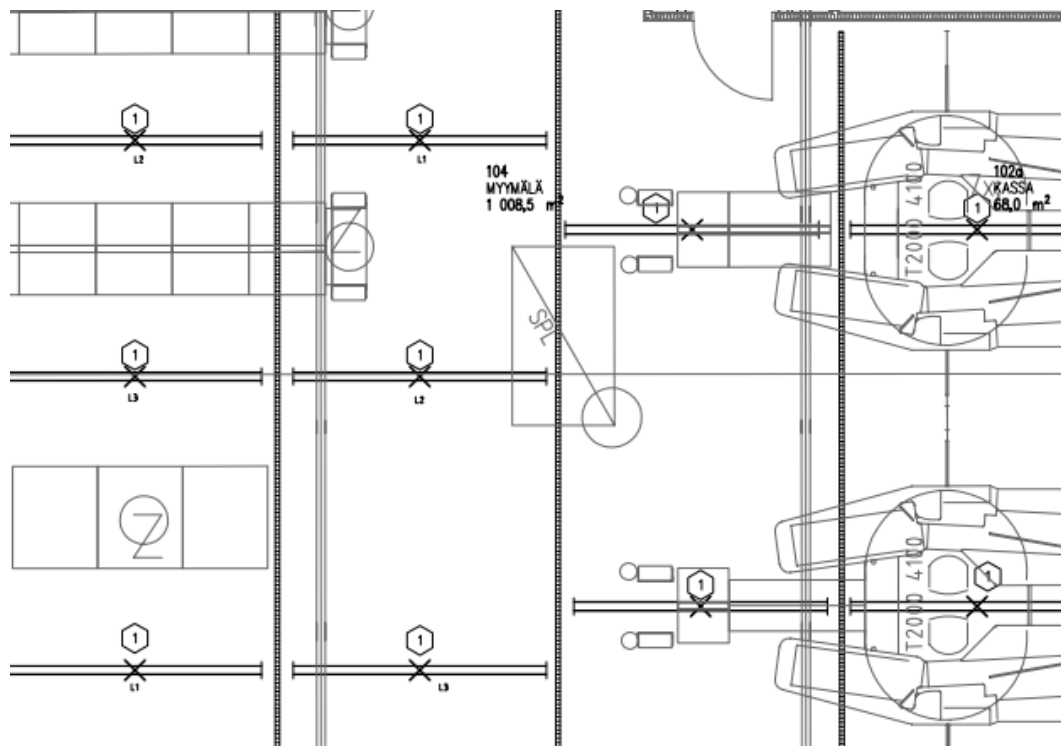
Tämä oli hyvä tapa saada tarkempaa tietoa eri tilojen energia- ja investointikustannuksista. Tilojen jako tehtiin valaistuksen aikaohjelmien perusteella. Aikaohjelmat on ohjelmoitu valaistuksenohjauskeskukseen (VOK) ja niiden mukaan valot syttyvät ja sammuvat kiinteistön eri osissa. Taulukossa 4 esitetään VOK:iin ohjelmoidut aikaohjelmat. Tässä insinööriyössä käsiteltävistä mallikohteen tiloista ainoastaan takatiloissa valaistusta ohjataan valaistusohjauskeskuksen sijasta liiketunnistimilla.

Taulukko 4. Mallikohteen valaistuksen aikaohjelmaan määritetyt eri valaisinryhmien polttoajat [20]

K-SUPERMARKET POHJOIS-HAAGA		auki		auki		auki	
OHJAUS- JA HÄLYTYSPISTEET		7-21		7-18		12-18	
		arkisin	arkisin	la	la	su	su
Ryhmät	Ohjauskohteet	päälle	pois	päälle	pois	päälle	pois
1	Myymälän valaistus 1/3	5.30	21.45	5.30	18.45	11.00	18.45
2	Myymälän valaistus 2/3	6.45	21.15	6.45	18.15	11.45	18.15
3	Myymälän valaistus 3/3	6.55	21.05	6.55	18.05	11.55	18.05
4	Valaistus alula + tuulikaappi	6.45	21.15	6.45	18.15	11.45	18.15
5	Ulkovalot, katokset ja lipat	6.30	22.00	6.30	21.00	11.30	21.00
6	Ulkovalot 1/3 paikoitusalue	5.30	24.00	5.30	21.00	11.00	24.00
7	Ulkovalot 2/3 paikoitusalue	6.45	21.15	6.45	18.15	11.45	18.15

8.2.1 Myymälätilan valaistuksen toteutus

Myymälätila on liikerakennuksen suurin yksittäinen tila ja sen valaistuksen tuottamat kustannukset ovat suurimmat niin energia- kuin hankintahinnoissa mitattuina.

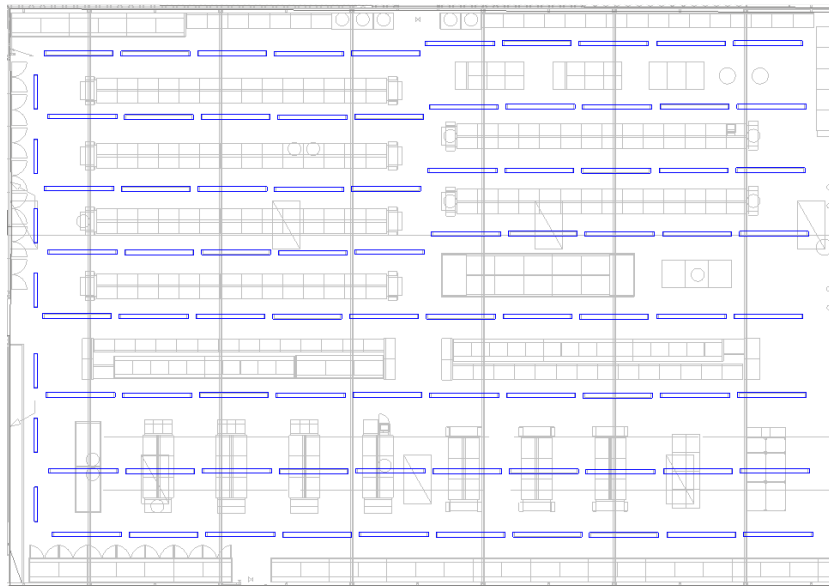


Kuva 20. Valaisimet sijoitetaan myymäläkalusteiden mukaisesti

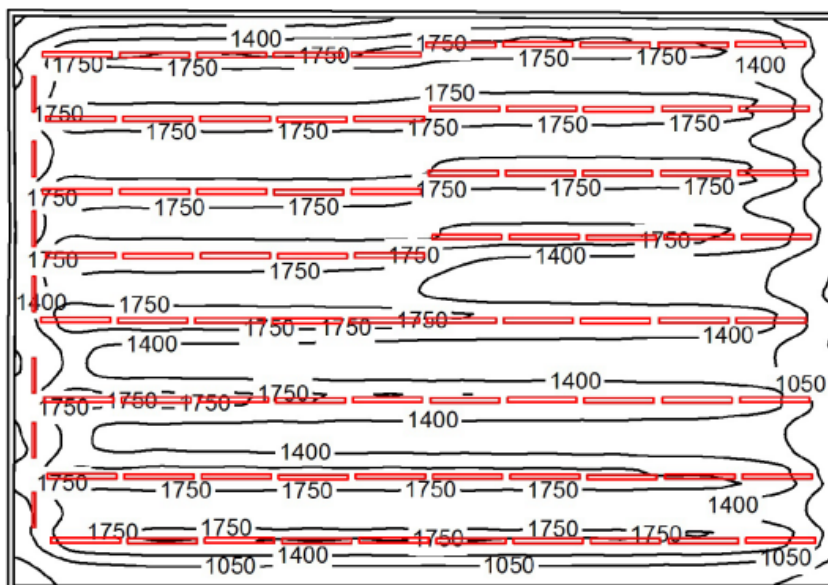
Kuvassa 20 esitettiin valaisimien sijoitus myymälän kassojen kohdalla. Kahdesta valaisimesta koostuva ramppivalaisin, joka on kuvassa 20 merkitty valaisinpositiolla 1, kiinnitetään ripustuskiskoihin valaisimen päädyistä (kuva 21, ks. s. 28). Suunnitteluohjeiden mukaisesti valaisimet on pyritty sijoittamaan myymäläkalusteiden mukaan siten, että valaisimet ovat hyllyjen välissä ja valaisevat hyllyjen etupinnat mahdollisimman tehokkaasti. Kassapisteiden kohdalla valaisimet on aseteltu siten, että valo jakautuu tasaisesti kassan molemmin puolin.



Kuva 21. Kassapisteiden ja käytävien valaistus on sijoitettu kalusteiden mukaisesti noin neljän metrin korkeuteen



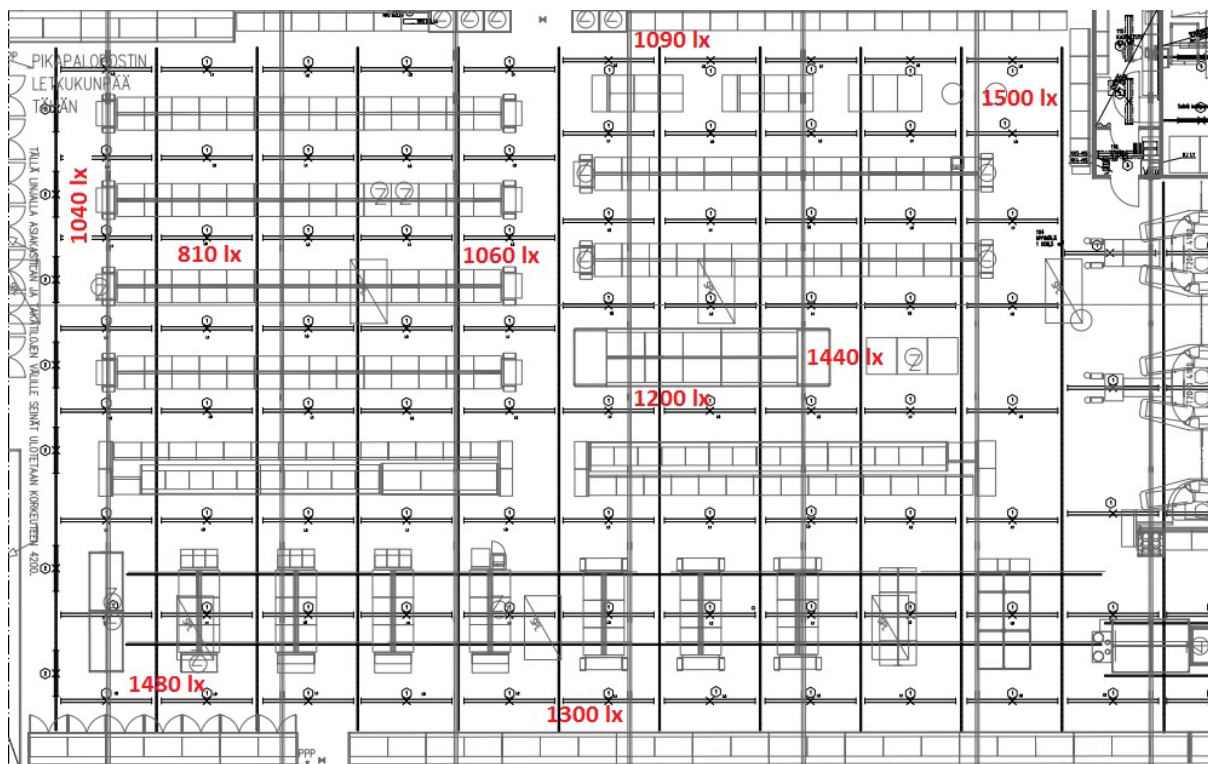
Kuva 22. DIALux 4.11 –ohjelmalla valaisimet sijoitettuna myymälään sähköpiirustusten mukaisesti



Kuva 23. DIALux 4.11 -ohjelmalla lasketut isolux-käyrät myymälästä

Kuvassa 22 (ks. s. 28) esitettiin myymälätilan nykyisten valaisinten, *Alppilux*, *AMR449AV Monix ramppi* sijoittelu ja kuvassa 23 on esitetty samasta näkymästä isolux-käyrät. Taulukosta 3 (ks. s. 25) nähdään, että myymälässä käyttötasolle eli metrin korkeudelle lattiasta riittävä valaistustaso on 800 lx. Lisäksi valaistus tulee ylivoimaisesti suunnitteluvaiheessa 25 %. Oikea valaistustaso olisi siis 1 000 lx, valaistus on siis ylivoimaisesti valaistustasolla mitattuna. DIALux-ohjelmassa käytetyt alenemakertoimet olivat: seinät 0,7, lattia 0,85 ja katto 0,9.

Haasteena valaistustasojen optimoinnissa voidaan kuitenkin pitää suunnitteluohjeessa ilmoitettua valaistuksen tasaisuus vaatimusta, joka on myymälässä 0,6. Valaistuksen tasaisuudella tarkoitetaan suurimman ja pienimmän valaistustason suhdetta. Jotta tavoiteltuun valaistuksen tasaisuuteen päästään, ei valaisimia välttämättä pystytä asentamaan niin harvakseltaan, kuin 800 lx valaistustasomääritys antaisi mahdollisuuden. Kohteessa tehdyt valaistustasomittaukset osoittavat kuitenkin, että valaistustaso käyttötasolla ei ole niin suuri kuin mitä laskentatulokset antavat ymmärtää. Kuvassa 24 (ks. s. 30) esitetään myymälässä tehtyjen mittausten osoittamat luksimäärät. Syitä mittausten ja laskelmien eroihin selittävät mm. se, ettei DIALux-laskentaohjelmalla tehdyissä mittauksissa ole otettu huomioon tavarahyllyjä. Todelliseen tilanteeseen vaikuttaa myös hyllyissä olevien tuotteiden väri. Jos tuotteet ovat tummia niin valaistus taso laskee. Hyllyjen korkeus vaihtelee metristä yli kahteen metriin ja ymmärrettävästi ne rajoittavat valosäteiden leviämistä myymälään.



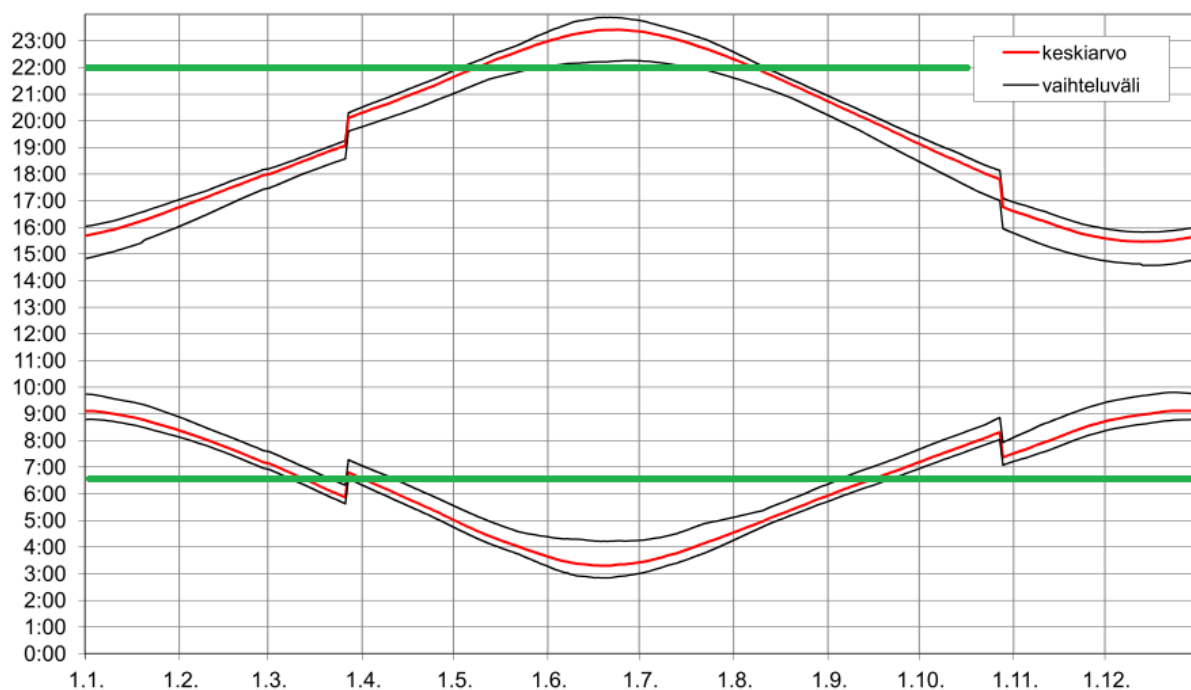
Kuva 24. Pohjois-Haagan K-supermarketin myymälässä tehtyjen valaistustasomittausten tulokset merkitty pohjakuvaan

8.2.2 Ulkovalaistuksen suunnittelu

Ulkovalaistusta ohjataan aikaohjelman (taulukko 4, ks. s. 26) lisäksi valoisuusanturilla. Tämän anturin ansiosta säästytään turhalta valojen polttamiselta etenkin kesäaikaan. Kun ulkovalaistuksen vuotuista polttoaikaa laskettiin, käytettiin apuvälineenä Helsingin Energian laatimaa ”ulkovalojen poltto-ajat” -kaaviota (kuva 25, ks. s. 31). Ulkovalojen palamis aika on keskiarvoisten syttymis- sekä sammumisaikojen (punaiset viivat) väliin jäävä aika. Kuvaan on lisätty havainnollistamisen vuoksi vihreät viivat, jotka kuvaavat ulkolipan ja katoksen aikaohjelmaan määriteltyjä syttymis- ja sammumisaikoja arkipäivänä (taulukko 4, ks. s. 26). Kuvasta voidaan nähdä, että esimerkiksi kesäkuussa ulkovalot eivät pala lainkaan.

Ulkovalaistuksessa on käytetty monimetallivalaisimia, eikä valaistuksessa ole käytetty mitään varsinaisia erikoisuuksia. Katoksessa valaistus on ratkaistu käyttämällä suoraa sekä epäsuoraa valoa. Epäsuora valo heijastuu puunvärisestä katosta luoden alueelle yleisvaloa. Kuvassa 26 (ks. s. 32) näkyy, miten valaisimet on sijoiteltu, epäsuorat valonlähteet on ympyröity kuvaan punaisella. Parkkialueen valaistus on toteutettu

samoilla valaisimilla kuin katoksen suoravalaistus, mutta ne on asennettu pylväisiin. Samaan tapaan vaihtoehtoisissa led-valaistuslaskelmissa käytettiin samaa valaisin-tyyppiä katoksessa sekä parkkialueella.



Kuva 25. Helsingin Energian ulkovalojen polttoajat esitettynä kuukausien mukaan



Kuva 26. Ulkokatoksen valaistuksessa on käytetty epäsuoraa sekä suoraa valoa

8.3 Mallikohteen valaistusvertailussa käytetyt valaisimet

Mallikohteen nykyiset valaisimet, sekä kolmen erilaisen led-valaistusratkaisun valaisimet on esitetty alla olevissa taulukoissa 5, 6, 7 ja 8. Valaisimien elinajat on esitetty liitteessä 2. Valaisimien sijoituksessa käytettiin apuna DIALux 4.0 ohjelmaa, jonka avulla pystyttiin määrittelemään riittävä valaistusvoimakkuus kuhunkin tilaan.

8.3.1 Mallikohteessa käytetyt perinteiset valaisimet

Perinteisessä valaistuksessa myymälän sisätilat on valaistu T-5-loistevalaisimilla. Ulkovalaisimina on käytetty monimetallivalaisimia. Taulukossa 5 (ks. s. 33) esitetään kaikki kohteessa nykyisin käytössä olevat valaisimet, pois lukien turva- ja merkkivalaistus, kohdevalaistus ja tietyt varastotilat, joissa led-valaisimet olivat jo käytössä.

Taulukko 5. Perinteisessä valaisinratkaisussa, eli mallikohteessa nykyisin käytössä olevat valaisimet ja perustiedot

Tila	määrä	Valaisin	Teho (W)	Valovirta (lm)	inta (€) alv. 0
Myymälä	84	Alppilux, AMR449AV Monix ramppi	208	17200	238
	7	Alppilux, AM249A Monix	104	8600	102
Tuulikaappi ja aula	20	Alppilux, AMR449AV Monix ramppi	208	17200	238
	6	Alppilux, AM249A Monix	104	8600	102
Takatilat	45	Elektroskandia, SLR-110/249PR	110	8600	92
Katos	14	Philips DVP333 1xCDM-T	70	6600	395
	8	Philips DWP333 1xCDM-T	70	6600	373
Parkkipaikka	20	Philips DGP333 1xCDM-TD 150W A-V	157	13250	393
	4	Philips DVP333 1xCDM-TD 70W OR	85	6600	395
	8	Philips DWP333 1xCDM-TD 70W OR	85	6600	373

Mallikohteessa suurimmat valaisinmäärät ovat myymälässä johtuen sen suuresta pinta-alasta sekä korkeasta valaistustasovaatimuksesta (taulukko 5). Taulukossa 5 esitetty *Alppilux, AMR449AV Monix ramppi* -valaisin koostuu kahdesta peräkkäin asennetusta T-5 loistevalaisimesta eli käytännössä valaisimia on 168 kpl. Kalleimmat valaisimet ovat ulkovalaisimet, suurin syy korkeampaan hintaan ulkovalaisimissa on niiden korkeampi IP-luokitus ja järeämpi rakenne verrattuna sisävalaisimiin. Takatiloissa, joihin kuuluu myös varastotiloja, on valaisimeksi valittu hieman edullisempi loistevalaisin. Tällaisissa tuotantotiloissa on mahdollista säästää hankintakustannuksissa, koska valaisimelta ei vaadita kuin riittävää valovirtaa. Ulkonäköä ei ole tällaista valaistusta suunniteltaessa tarvetta miettiä.

8.3.2 Mallikohteen valaisinratkaisussa, LED 1 käytetyt valaisimet

LED 1 - ratkaisussa kaikki nykyisin käytössä olevat valaisimet korvattiin led-valaisimilla. Pyrkimyksenä oli saavuttaa säästöjä huolto- sekä energiakustannuksissa verrattuna perinteiseen valaisinvaihtoehtoon. Mallikohteen sisätilojen valaisemiseen valittiin *Alppilux Tino TN254MBC* -valaisin. Valaisin muistuttaa ulkomuodoltaan loistevalaisinta ja on asennettavissa ripustuskiskoon samoin kuin tavallinen loistevalaisin.

Taulukossa 6 (ks. s. 34) esitetään tässä valaisinratkaisussa käytetyt valaisimet ja niiden perustiedot. Lukuja voidaan verrata taulukossa 5 (ks. s. 33) esitettyihin perinteisten valaisimien valovirta-arvoihin ja huomataan, että led-valaisimien lumen-määrä on sisätilojen valaistuksessa pienempi. Tämä vaikuttaa suoraan valaisimien lukumäärään. Suunniteltaessa yleisvalaistusta led-valaisimilla, kannattaa pohtia erityisen valaisimien lumen-määriä ja hyötysuhdetta, koska se vaikuttaa suoraan valaisimien lukumäärään.

Taulukko 6. LED 1 valaisinratkaisussa käytetyt valaisimet ja perustiedot

Tila	määrä	Valaisin	Teho (W)	Valovirta (lm)	Hinta (€) alv. 0%
Myymälä	183	Alppilux Tino TN254MBC	70	6767	305
Tuulikaappi ja aula	51	Alppilux Tino TN254MBC	70	6767	305
Takatilat	50	Alppilux Tino TN254MBC	70	6767	305
Katos	22	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S	45	5200	830
Parkkipaikka	12	Philips BGP303 1xLED73/740 DM	83	7560	480
	28	Philips BGP303 1xLED98/740 DM	106	10080	561

8.3.3 Mallikohteen valaisinratkaisussa, LED 2 käytetyt valaisimet

LED 2 -valaistusratkaisussa käytettiin parkkialueella ja katoksessa samoja led-valaisimia kuin LED 1 -ratkaisussakin. Työssä keskityttiin vertailuissa enemmän sisätilojen ratkaisuihin, koska sisätilojen energiankulutus on jopa nelinkertainen (taulukko 9, ks. s. 36) ja hankintakustannuksetkin kaksinkertaisia (taulukko 10 ks. s. 37). Myymälätilojen, tuulikaapin ja aulan valaistukseen käytettiin *PHILIPS 4MX850 581 1 x LED66S/840* -valaisinta. Se on pitkä moduulivalaisin, joka on läpijohdotettavissa ja asennettavissa ripustuskiskoon, eli asennusteknisesti ei aiheuta muutoksia verrattuna loistevalaisimeen. Valaisin kuuluu Philipsin *MAXOS*-tuoteperheeseen. Valaisin valittiin vaihtoehdoksi vertailuun, koska sen hinta on keskitasoa (taulukko 7 ks. s. 35) tämäntyyppisissä led-yleisvaloissa, ja sen hyötysuhde ($6\,600\text{ lm}/60\text{ W} = 110\text{ lm/W}$) on kuitenkin parempi kuin LED 1 -ratkaisussa käytetyn *Alppilux Tino* -valaisimen ($6\,767\text{ lm} / 70\text{ W} = 96,7\text{ lm/W}$), (ks. 3.1 s. 6).

Taulukko 7. LED 2 valaisinratkaisussa käytetyt valaisimet ja perus tiedot

Tila	määrä	Valaisin	Teho (W)	Valovirta (lm)	Hinta (€) alv. 0%
Myymälä	167	Philips 4MX850 581 1xLED66S/840	60	6600	230
Tuulikaappi ja aula	51	Philips 4MX850 581 1xLED66S/840	60	6600	230
Takatilat	50	Philips 4MX850 581 1xLED66S/840	60	6600	230
Katos	22	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S	45	5200	830
Parkkipaikka	12	Philips BGP303 1xLED73/740 DM	83	7560	480
	28	Philips BGP303 1xLED98/740 DM	106	10080	561

8.3.4 Mallikohteen valaisinratkaisussa, LED 3 käytetyt valaisimet

Led 2 valaistusratkaisussa ulkovalaisimia ei ole korvattu, vaan ainoastaan sisätilojen valaisimet on vaihdettu erityyppisiin Philipsin valaisimiin. Tässä ratkaisussa käytettiin *PHILIPS LL121X 1xLED80S/840 MB* -valaisinta. Valaisin valittiin mukaan vertailuun puhtaasti sen halvan hinnan ja sen tuottaman korkean valovirran ansiosta (taulukko 8, ks. s. 36).

Valaisin on tuoteperheen halvimpia valaisimia, joka saattaa vaikuttaa myös sen luotettavuuteen ja polttoikään. Luvattu polttoikä on 30 000h, L90B50, joka tarkoittaa, että 30 000 tunnin käytön jälkeen, 90 % alkuperäisestä valovirran määrästä on jäljellä, mutta 50 %:ssa valaisimista voi valovirran vähentyminen olla myös enemmän kuin 10 %. Myös valaisinten vertailu polttoikänsä mukaan vaikeutuu, koska merkintätavat ovat kirjavia jopa valmistajien sisäisissä merkinnöissä. Kuten 9.1.3 käytetyissä Philipsin sisätilojen valaisimissa lupaus on 50 000 h, L80B50. Näiden asioiden selkeyttäminen valmistajien puolelta helpottaisi eri vaihtoehtojen vertailua kohteissa.

Taulukko 8. LED 3 valaisinratkaisussa käytetyt valaisimet ja perustiedot

Tila	määrä	Valaisin	Teho (W)	Valovirta (lm)	Hinta (€) alv. 0%
Myymälä	160	Philips LL121 x 1xLED80S/840 MB	80	8000	180
Tuulikaappi ja aula	41	Philips LL121 x 1xLED80S/840 MB	80	8000	180
Takatilat	45	Philips LL121 x 1xLED80S/840 MB	80	8000	180
Katos	22	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S	45	5200	830
Parkkipaikka	12	Philips BGP303 1xLED73/740 DM	83	7560	480
	28	Philips BGP303 1xLED98/740 DM	106	10080	561

8.4 Mallikohteen valaisinratkaisujen kustannukset

Kustannukset on eritelty investointi- ja energiakustannusten kesken. Taulukoissa 9 ja 10 (ks. s 37) on esitetty, miten ne jakautuvat eri valaistusratkaisujen ja tilojen kesken.

8.4.1 Mallikohteen eri valaisinratkaisujen kuluttama teho

Seuraavassa taulukossa 9 esitetään kaikkien neljän valaistusratkaisun kuluttama teho. Kokonaisenergiakustannukset riippuvat polttoajasta, mutta energiakustannuksia voidaan kuitenkin vertailla jo pelkkien tehojen perusteella, koska polttoaika on muuttumaton eri valaistusratkaisujen välillä.

Taulukko 9. Mallikohteessa käytettyjen valaistusratkaisujen kuluttamat tehot eriteltyinä

Tila	Perinteinen valaistus (kW)	LED 1 (kW)	LED 2 (kW)	LED 3 (kW)
Kaikki tilat	34	25	22	25
Sisätilat	28	20	17	20
Ulkotilat	6	5	5	5

Taulukossa 9 on esitetty kunkin valaistusratkaisun kuluttamat kokonaistehot, kun kaikki valaisimet liikerakennuksessa ovat kytkettyinä päälle. Taulukosta on havaittavissa, että led-ratkaisut kuluttavat keskimäärin 30 % vähemmän energiaa kuin perinteinen valaistus. Ulkovalaistuksessa energiankulutuksen ero on hieman pienempi, noin 20 %. Kokonaisenergiesäästö on kuitenkin merkittävä.

8.4.2 Mallikohteen eri valaisinratkaisujen hankintakustannukset

Mallikohteeseen suunnitellut eri valaistusratkaisut ovat kustannuksiltaan hyvinkin poikkeavia. LED 1 -valaistuksen hinta verrattuna perinteisen valaistuksen hintaan on lähes kolminkertainen (taulukko 10). Jos hankintakustannukset kasvavat näin korkeiksi, valaistusratkaisu ei yleensä pysty maksamaan itseään takaisin.

Taulukko 10. Mallikohteen valaisinratkaisujen investointikustannukset

Tila	Perinteinen valaistus (€)	LED 1 (€)	LED 2 (€)	LED 3 (€)
Kaikki tilat	48 600	126 300	98 000	84 000
Sisätilat	27 700	86 700	58 200	44 300
Ulkotilat	21 000	39 700	39 700	39 700

Taulukossa 10 esitetyistä summista voidaan vetää nopea johtopäätös, että led-valaistuksen investointikustannus on noin kaksi kertaa kalliimpi kuin loiste- ja monimetallivalaisimilla toteutettu valaistus. Kustannukset on pystyttävä tasoittamaan energia- ja huoltokuluissa, jos led-valaistusta halutaan käyttää kustannussyistä.

9 Elinkaarikustannuslaskennan perusteet

Elinkaarikustannuslaskenta (LCC - Life Cycle Costing) tehdään, kun halutaan tietää tietyn järjestelmän kokonaiskustannukset. Tässä insinööriyössä vertailtiin neljän eri valaistusratkaisun kokonaiskustannuksia. Nykyisin tarve elinkaarikustannuslaskentaan

valaistussuunnittelussa on kasvanut. Kasvaneet energiakustannukset, led-valaisimilla saavutettavat energiasäästöt, led-valaisimien myötä pidentyneet valaisimien eliniät sekä investointikustannusten suuret erot ledin ja perinteisten valaistuksen välillä ovat syitä, miksi kokonaiskustannuksiin täytyy suunnitteluvaiheessa paneutua entistä tarkemmin. Elinkaarikustannuslaskennassa (LCC_{TOT}) huomioon otettavia asioita ovat

- investointikustannukset
- energiakustannusten nykyarvo
- huoltokustannusten nykyarvo
- jäänköskustannusten nykyarvo.

Tässä insinööritöössä elinkaarikustannuslaskelma on tehty ilman jäänköskustannuksia, koska niiden ero eri valaistusratkaisujen välillä on erittäin pieni. Jäänköskustannukset koostuvat ainoastaan purku ja jätekustannuksista, joissa pienet valaisimien lukumäärä erot eivät vaikuta kokonaiskustannuksiin. Tästä syystä ne on jätetty laskelmien ulkopuolelle. [19, s. 9 - 10.]

10 K-supermarket Pohjois-haagan elinkaarikustannukset

Mallikohteeseen tehtiin oma, tarpeita vastaava elinkaarikustannuslaskentataulukko (liite 2). Internetissä on saatavilla myös useita valmiita ja ilmaisia *LCC* - laskentakaavioita. Laskentataulukot voivat olla hyvin pitkälle kehiteltyjä ja niissä on otettu huomioon esimerkiksi lainarahan osuus, korot ja inflaatio.

Tässä insinööritöössä käytetyssä laskentataulukossa on laskettu huolto-, energia- ja investointikustannusten osuus erilaisilla käyttöikäarvioilla. Erilaisia valaistusratkaisuja tehtiin kaikkiaan neljä. Ensimmäinen valaistusratkaisu oli perinteinen valaistus, joka kuvaa nykyistä valaistusta mallikohteessa. Sen valaistus on toteutettu pääosin T - 5 loistevalaisimilla sekä monimetallivalaisimilla. Vaihtoehtoisiksi valaistuksiksi suunniteltiin kolme erilaisilla valaisimilla toteutettua LED-valaistusta: LED 1, LED 2 ja LED 3. Jotta valaistukset olisivat vertailukelpoisia, noudatettiin niiden suunnittelussa Ruokakeskon suunnitteluohjeessa annettuja arvoja (taulukko 3, ks. s. 25). Käytännössä tämä tarkoitti riittävien valaistusvoimakkuuksien täyttymistä eri tiloissa.

Myymäkalustuksen elinikä on käyttötarkoituksesta riippuen keskimäärin 5 - 15 vuotta, siksi vertailu tehtiin kolmella eri elinkaarella: 5, 10 ja 15 vuotta. Tällaisella vertailulla pystyttiin selvittämään eri valaistusratkaisujen kustannuksia erimittaisilla elinkaarilla. Yksinkertaisimmillaan voidaan ajatella, että led-valaisimien investointikustannukset ovat korkeammat kuin perinteisen valaistuksen. Toisaalta ledit kuluttavat vähemmän energiaa, ja niiden elinikä on pidempi. On siis mahdollista, että jos myymälän elinkaari on pitkä, led-valaistus on kokonaiskustannuksiltaan edullisempi.

10.1 Laskentataulukko elinkaarikustannusten määrittämiseksi

Mallikohteen elinkaarikustannusten selvittämiseksi tehtiin Excel-laskentataulukko (liite 2). Taulukon avulla oli helppo kokeilla, miten kustannukset muuttuvat eri valaistusratkaisuisissa, kun mm. sähkön hintaa, valaistuksen elinkaarta ja valaisimien arvon alenemaa muokattiin. Laskentataulukko koostuu neljästä erillisestä laskentataulukosta LCC :n määritelmien mukaisesti.

10.2 Mallikohteen energiakustannuslaskelmat

Ensimmäiseen laskentataulukkoon on määritetty valaistusten energiakustannukset. Laskennassa käytettiin taulukossa 4 (ks. s. 26) olevia liikerakennuksen valaistuksen aikaohjelmaan määriteltäviä polttoajoja ja kuvassa 25 (ks. s. 31) esitettyä ulkovalojen polttamista vuodenaikojen mukaan, näiden tietojen pohjalta pystyttiin laskemaan vuotuiset polttoajat kullekin valaistusalueelle. Sähkön hinnan ja vuotuisen polttoajan avulla pystyttiin laskemaan energiakustannukset jokaiselle valaistusratkaisulle (taulukko 11, ks. s. 40). Taulukossa 11 esitetään myymäläalueen valaisimien polttoajat eri viikon päivinä sekä niistä syntyvät energiakustannukset. Myymälän valaistus on ryhmitelty siten, että ennen kaupan avaamista valoista palaa vain 1/3 tai 2/3, taulukon 4 mukaisesti (ks. s.26).

Sähkön hintaa ei saatu tarkasti selvitettyä. Ilmainen kilpailutus on mahdollista vain pienkuluttajille eli käyttäjille joiden liittymäkoko on 63 A tai pienempi, mallikohteen liittymäkoko on 3 x 400 A joten sähkön hintaa ei pystytty kilpailuttamaan. Sähkön hinnaksi arvioitiin 6,25 senttiä/kW ja siirtomaksun osuudeksi 3,25 senttiä/kW. Arvio perustuu

pienkäyttäjien maksamaan sähkön hintaan ja keskusteluihin työn ohjaajani kanssa, jolla on kokemusta samantyyppisten kohteiden suunnittelusta. [21]

Taulukko 11. Myymälän perinteisen valaistusratkaisun polttoajat ja kustannukset esitettynä laskentataulukossa

Perinteinen valaistus		Kokonaisteho (W):	18200	Sähkönhintaa(€/kWh):	0,09975
Myymäla	Ryhmän polttoaika (h/d)	Ryhmät	Kokonaisteho jaettuna ryhmille (W)	(Wh/d)	Hinta yht. (€/d)
ark.	1,75	1/3	6060,6	10606,05	27,17945415
	0,334	2/3	12121,2	4048,4808	
	14,166	3/3	18200	257821,2	
la	1,75	1/3	6060,6	10606,05	21,73310415
	0,334	2/3	12121,2	4048,4808	
	11,166	3/3	18200	203221,2	
su	1,25	1/3	6060,6	7575,75	12,35358172
	0,334	2/3	12121,2	4048,4808	
	6,166	3/3	18200	112221,2	
				yhteensä (€/d):	61,26614002
				Polttoaika viikossa (h):	102,25

10.3 Mallikohteen investointikustannuslaskelmat

Seuraavaan laskentataulukkoon on koottu investointikulut, jotka käsittävät kaikkien valaistusalueiden valaisimien lukumäärät ja niiden yksikköhinnat. Laskennassa käytetyt hinnat ovat valmistajan ilmoittamia listahintoja eikä niissä ole mukana arvonlisävero-osuutta. Taulukossa 12 (ks. seur. s.) esitetään perinteisen valaistusratkaisun kokonaisinvestointikustannukset.

Taulukko 12. Perinteisen valaistusratkaisun investointikustannukset esitettynä laskentataulukossa

		hinnat ovat ovh. hintoja ja alv. 0%			
Perinteinen					
	Myyämä	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
		Alpilux, AM249A Monix Val.9016lm, Lamp. 8600lm, 104W	7	102	714
		Alpilux AMR449AV Monix ramppiVal.17241lm, Lamp. 17200lm, 208W	84	238	19992
				yhteensä:	20706
	Aula+tuulikaappi	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
		Alpilux, AM249A Monix Val.9016lm, Lamp. 8600lm, 104W	6	102	612
		Alpilux AMR449AV Monix ramppiVal.17241lm, Lamp. 17200lm, 208W	20	238	4760
				yhteensä:	5372
	Takatilat+lastauslaituri	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
		Elektroskandia SLR-110/249PR, Val. 6440lm, Lamp. 8600lm, 110W	45	91,6	4122
				Yhteensä:	4122
	Katos	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
		Philips DVP333 1xCDM-T70W OR, 70W	14	395	5530
		Philips DWP333 1xCDM-T70W OR, 70W	8	373	2984
				Yhteensä:	8514
	Parkkialue	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
		Philips DGP333 1xCDM-TD 150W A-WB, Val.11130lm, Lamp. 13250lm, 157W	20	393	7860
		Philips DVP333 1xCDM-TD 70W OR, Val.4620lm, Lamp. 6600lm, 85W	4	395	1580
		Philips DWP333 1xCDM-TD 70W OR, Val.4620lm, Lamp. 6600lm, 85W	8	373	2984
				Yhteensä:	12424
				Yhteensä (€):	51138

10.4 Mallikohteen huoltokustannuslaskelmat

Huoltokustannusten laskeminen perustui lampun tai led-valaisimissa yleisemmin moduulin ilmoitettuun elinikään ja uusien varaosien investointikustannuksiin. Led-valaisimilla huolto tarkoittaa moduulin vaihtamista uuteen ja perinteisillä valaisimilla lampun vaihtamista uuteen. Taulukossa 13 (ks. s. 42) esitetään kaikki tämän työn valaistusratkaisuissa käytettyjen lamppujen ja led-moduulien hinnat. Taulukossa on sarake polttoajan varmuuskertoimelle. Saraketta voidaan käyttää, jos halutaan varmuuden vuoksi ylimitoittaa laskelmat. Esimerkilaskelmissa varmuuskerrointa ei ole käytetty. Toinen sarake on tuotteiden arvon alenemiselle, laskelmissa led-moduulien arvon alenemassa on käytetty 30 % arviota. Se perustuu led-valaisimien hinnan jatkuvaan alenemiseen.

Taulukko 13. Tässä työssä käytettyjen valaisimien ja lamppujen hinnat

Lamppu- / moduulityyppi	€/kpl	polttoajan varmuuskerroin	Arvioitu arvон alentuminen
CDM-TD:	44	1	1
T-5:	35	1	1
Alpilux Tino	213,5	1	0,7
Philips BVS400	581	1	0,7
Philips BGP303	275,1	1	0,7
PHILIPS LL121	126	1	0,7
Philips 4MX850 581	161	1	0,7
Käyttöaika (a):	5		

Taulukossa 14 esitetään huoltokustannuslaskelma perinteisen valaistusratkaisun huoltokustannuksista, valaistuksen käyttöiäksi on taulukkoon asetettu viisi vuotta. Taulukosta nähdään, että tiloissa olevien loisteputkien polttoikä on 20 000 h, niiden vuotuinen polttoaika on 5 317 h, jolloin huoltoväli on hieman alle neljä vuotta ja huollon hinta on 3 185 €. Koska kaikkia valaisimia ei vaihdeta yhdellä kerralla, vaan sen mukaan, kun lamppu rikkoutuu, syntyy viidessä vuodessa huoltokuluja yhteensä 4 233 €. Hinta sisältää asennuskulut. Led-valaistusversioiden huoltojen hinnat voivat pitkistä elinkaaresta huolimatta kohota korkeiksi, koska huolto tarkoittaa yleensä koko moduulin vaihtoa

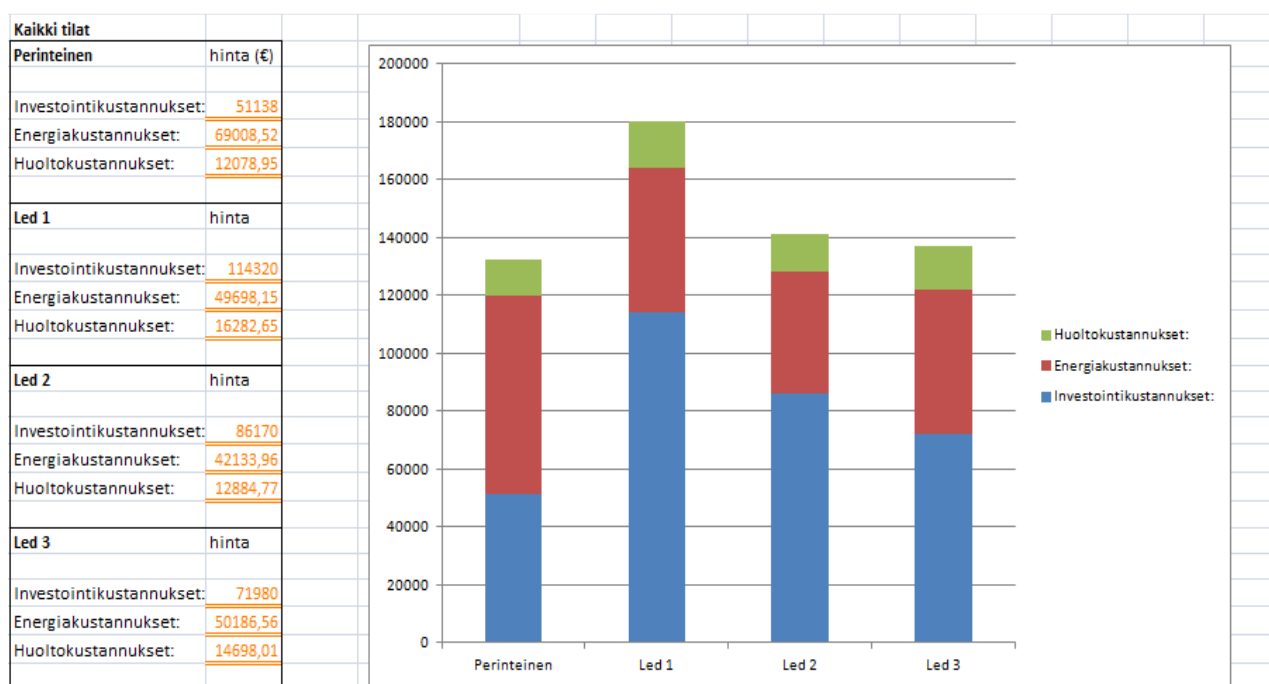
Taulukko 14. Perinteisenvalaistusratkaisun huoltokustannukset myymälän, aulan sekä tuulikaapin alueelta laskettuna

Perinteinen	hinnat ovh. hintoja ja alv. 0%						
Myymäla	Valaisin	Määrä(kpl)	Poltoikä (h)	polttoaika (h/a)	huoltoväli (a)	Huolto hinta (€)	Hinta elinkaaren mukaan (€)
	Alpilux, AM249A Monix Val.9016lm, Lamp. 8600lm, 104W	7	20 000	5317	3,761519654	3185	4233,66125
	Alpilux AMR449AV Monix ramppiVal.17241lm, Lamp. 17200lm	84	20 000				
Aula+tuulikaappi							
	Alpilux, AM249A Monix Val.9016lm, Lamp. 8600lm, 104W	6	20 000	5512	3,628447025	910	4388,93
	Alpilux AMR449AV Monix ramppiVal.17241lm, Lamp. 17200lm	20	20 000				

10.5 Mallikohteen laskelmien yhteenveto

Laskelmissa sähkön hinta on 9,5 c/kWh, joka sisältää siirtomaksun sekä arvonlisäveron. Kustannukset laskettiin viiden, kymmenen ja viidentoista vuoden mukaan.

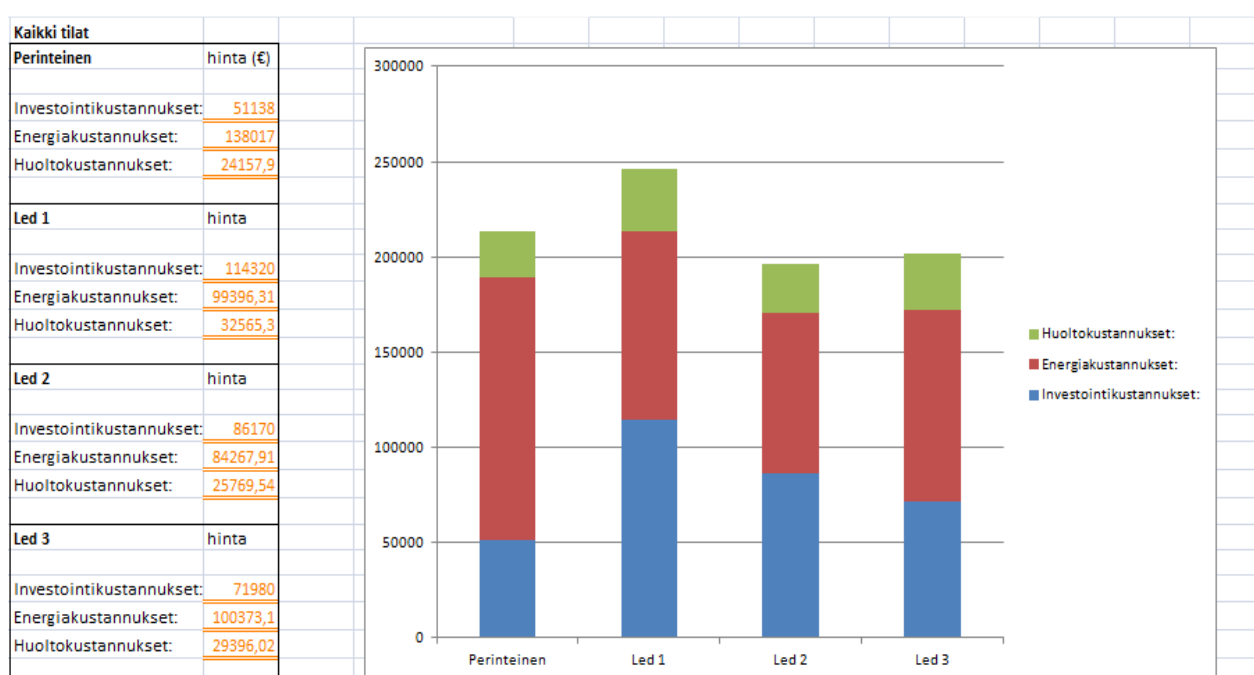
Laskelmien viimeinen osio on energia-, investointi- ja huoltokustannusten yhteen laskeminen käyttöiän mukaan. Tulokset yhdistettiin pylväsdiagrammiin, jossa vaakatasolla on eri valaistusratkaisut ja pystyakselilla kokonaiskustannukset. Ensimmäisenä esitetään kuvassa 27 näkyvät kokonaiskustannukset, jotka on laskettu viiden vuoden elinkaarella. Diagrammeista nähdään, että suurimmat kustannukset kaikilla led-valaistuksilla jakautuvat investointikustannuksiin. Perinteisessä valaistuksessa suurimmat kulut ovat energiakustannukset. Huoltokustannuksissa ei ole nähtävissä kovinkaan suuria eroja. Viiden vuoden elinkaarella perinteinen valaistus tulee edelleen halvimmaksi.



Kuva 27. Mallikohteen kaikkien tilojen kokonaiskustannukset esitettynä numeerisesti ja diagrammeina

Kuvassa 28 (ks. s. 44) esitetään samanlainen yhteenveto kuin kuvassa 27, mutta elinkaarena on kymmenen vuotta. Kymmenessä vuodessa Led 2- ja Led 3 -valaistukset olivat jo kokonaiskustannuksiltaan halvemmat kuin perinteinen valaistus.

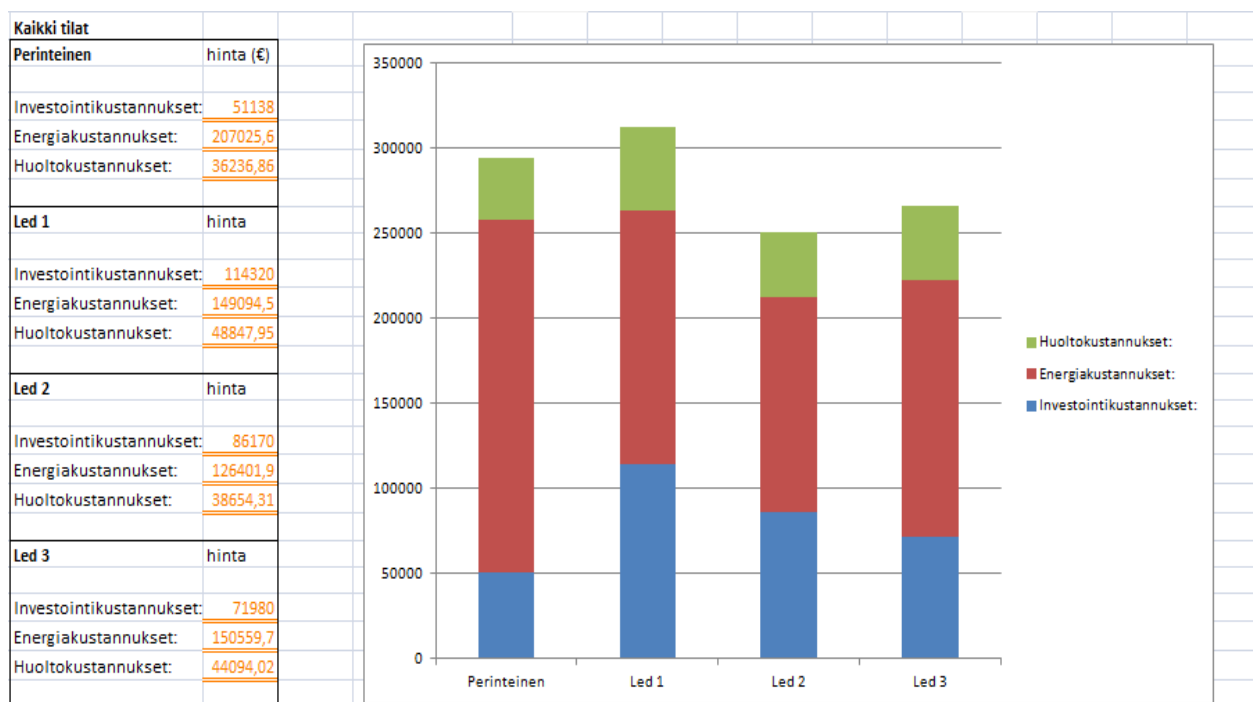
Led 3 -valaistuksen energiankulutus on suurempi kuin Led 2 -valaistuksella, ja tästä syystä se oli kymmenen vuoden elinkaarella laskettuna jo halvempi kuin Led 2 -valaistus toisin kuin viiden vuoden tarkasteluvälillä. Led 1- ja Led 2- valaistusratkaisuissa investointikustannusten osuus oli edelleen suurin yksittäinen kustannus, muissa valaistusratkaisuissa energiakustannukset olivat jo nousseet suurimmiksi kustannuksiksi. Led 1 -valaistus oli yhä kokonaiskustannuksiltaan kaikkein kallein, diagrammista on helposti havaittavissa, että suuret investointikustannukset nostivat hintaa suhteettoman paljon. Huollon hintaeroissa ei ole nähtävissä suuria eroja eri ratkaisuiden välillä.



Kuva 28. Kaikkien valaistusratkaisuiden yhteenlasketut kustannukset kymmenen vuoden elinkaarella

Pisin tässä työssä laskettu elinkaari näille valaistusratkaisuille oli 15 vuotta. Toisentyypisessä kohteessa elinkaari saattaisi olla pidempi, mutta myymälät saneerataan poikkeuksetta viimeistään viidentoista vuoden jälkeen käyttötarkoituksen muututtua tai esteettisistä syistä. Kuvasta 29 (ks. s. 45) nähdään, että Led 1 -valaistus on kallein vaihtoehto kaikilla tarkasteluväleillä. Perinteinen valaistus olisi koitunut kalleimmaksi vasta noin 22 vuoden käytön jälkeen. Energiakustannukset olivat tässä 15 vuoden vertailussa jo kaikilla ratkaisuilla suurin yksittäinen kustannus. Kokonaiskustannuksissa eroa kalleimman eli Led 1 -valaistuksen ja halvimman eli Led 2 -valaistuksen välille tuli

noin 61 000 €. mallikohteessa nykyisin olevan perinteisen valaistuksen ja halvimman valaistuksen välille hintaeroa tuli noin 43 000 €. Led 1 -valaistuksen huoltokustannukset olivat vertailun kalleimmat, energia ja investointikuluihin nähden niiden osuus on kuitenkin hyvin pieni.



Kuva 29. Valaistusratkaisuiden kokonaiskustannukset esitettynä viidentoista vuoden käytön jälkeen

11 Yhteenveto

Liikerakennusten kaikki tilat on nykyisin mahdollista valaista led-valaisimilla kuten mallikohteen neljä eri valaistusratkaisua osoittavat. Valaistuksen suunnitteluvaiheessa on syytä huomioida erikseen jokaisen kohteen valaistuksesta aiheutuvat kokonaiskustannukset LCC laskelmien avulla. Ilman niitä suunnittelija ei voi luotettavasti arvioida eri valaistusvaihtoehtoja.

Tämän työn mallikohteena käytetyn K-supermarket Pohjois-Haagan nykyinen valaistus olisi ollut mahdollista toteuttaa myös led-valaisimilla. Niiden avulla olisi mahdollista saavuttaa säästöjä, jos valaisimien käyttöikä olisi vähintään kymmenen vuotta.

Suurimmat säästöt saavutettiin pisimmällä eli 15 vuoden tarkasteluvälillä, jolloin säästöjä kertyi yli 40 000 €. Mallikohteessa led-valaistus kulutti sisätiloissa keskimäärin noin 30 % vähemmän energiaa, jota voidaan pitää hyvänä tuloksena. Suorien rahallisten säästöjen ohella, antaa vihreiden arvojen suosiminen asiakkaalle positiivisen kuvan liiketoiminnasta.

Mallikohteen tilat, joissa led-valaisimia erityisesti kannattaa käyttää, ovat sellaisia, joissa valoja pidetään paljon päällä ja energiakulutus on suuri eli käytännössä myymälä ja varastotilat. Led-valaisimia pitäisi pyrkiä sijoittamaan myös sellaisiin tiloihin, joissa ne toimivat teknisesti paremmin kuin perinteiset valaisimet esimerkiksi: kylmät tilat ja liiketunnistimella ohjatut tilat. Ulkovalaistuksessa on mallikohteessa käytetty aikaohjelmaa ja hämärätunnistinta, tästä syystä valaisinten polttoajat jäävät melko pieniksi ja ledeillä on vaikea saavuttaa kustannussäästöjä. Hankintakustannukset ovat kuitenkin led-ulkovalaisimilla noin 20 % suuremmat verrattuna perinteisiin ulkovalaisimiin, joten investointi led-valaisimiin ulkoalueella ei välttämättä ole kannattavaa.

Led-valaisimen hinnat ovat tässä työssä käytetyillä valaisimilla keskimäärin hieman yli kaksi kertaa suuremmat kuin vastaavilla perinteisillä valaisimilla. Huoltokustannukset eivät tuottaneet juurikaan eroja eri ratkaisujen välille, vaikka led-valaisinten polttoikä onkin pidempi. Led-moduulien uusiminen on kallista ja perinteisen valaisimen pystyy huoltamaan useita kertoja samansuuruisilla kustannuksilla. Led-valaisinten keskimääräinen elinikä on noin 50 000 h ja loisteputken noin 20 000 h. Valaisinhuolto on liikerakennuksessa melko helppoa ja yleensä se voidaan suorittaa normaalina työaikana, jolloin vaihtotyön kustannukset eivät nouse keskitetyssä valaisinhuollossa suuriksi.

Oikeiden led-valaisimien valinnalla ja hyvin tehdyillä suunnitelmilla, sekä vertailulla on mallikohteen tapaisissa liikerakennuksissa mahdollista saavuttaa säästöjä kokonaiskustannuksissa. Mikäli nykyinen kehitys jatkuu, on oletettavaa, että ledien hinnat tulevat laskemaan merkittävästi ja se lisää niiden kilpailukykyä perinteisiin valaisimiin nähden. Kiristyvien energiamääräysten ansiosta tullaan valaistuksissa tulevaisuudessa joka tapauksessa käyttämään entistä enemmän led-valaisimia, kunnes ne käytännössä korvaavat perinteiset valaisimet.

Lähteet

- 1 Ensto pro. Valaistustekniikka. Verkkodokumentti. Ensto.
<<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/enstopro.html>>. Luettu 13.3.2014.
- 2 Aalto, Mauri & Co. 1977. Valaistustekniikan käsikirja 1, Helsinki.
- 3 Indoor Lightning Solutions, Luettelo 2012-2013. Verkkodokumentti. Fagerhult.
<<http://np.netpublicator.com/netpublication/n60965222>>. Luettu 13.3.2014.
- 4 Teollisuusvalaistus. Verkkodokumentti. Philips.
<http://www.lighting.philips.fi/pwc_li/fi_fi/connect/Assets/pdf/Teollisuusvalaistus_FI_p%C3%A4ivitys_5_2013_final_n%C3%A4ytt%C3%B6.pdf>. Luettu 13.3.2014.
- 5 Ammattitietoa/led-historia. Verkkodokumentti. Osram. <
http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/led-historia/index.jsp>. Luettu 14.3.2014.
- 6 Cree announces a new laboratory LED efficacy milestone at SIL. Verkkodokumentti. LEDs magazine. <<http://www.ledsmagazine.com/articles/2013/02/cree-announces-a-new-laboratory-led-efficacy-milestone-at-sil.html>>. Luettu 14.3.2014
- 7 Kallasjoki, Tapio. 2013. Valaistuksen laskeminen nyrkkikaavoilla. Opetusmoniste.
- 8 Kallasjoki, Tapio. 2012. LED osa 1. Opetusmoniste.
- 9 GU 10 5050 SMD. Verkkodokumentti. Light in the box.
<http://www.lightinthebox.com/pt/gu10-5050-smd-15-lampada-led-branco-150-200lm-luz-230v-2-2-5w_p311397.html>. Luettu 14.3.2014
- 10 Lecklin, Olli. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Karisto Oy, Hämeenlinna.
- 11 Granlund Oy 2014. Kirjehaastattelu. 26.2.2014. Kirjeitä 18. Vastausprosentti 66. Haastattelun laatija Heikkilä Juho.
- 12 Tolonen, Pekka. 2013. Led-lamput harppovat eteenpäin. Verkkodokumentti. Sähköviesti. <<http://www.sahkoviesti.fi/energiatehokkuus/led-lamput-harppovat-eteenpain.html>>. Päivitetty 5 / 2013. Luettu 14.3.2014.
- 13 Arola, Heikki 2014. Verot nostivat kotien sähkön hintaa. Verkkodokumentti. Helsingin Sanomat 1/2014.
<<http://www.hs.fi/talous/Verot+nostivat+kotien+s%C3%A4hk%C3%B6n+hintaa/a1389852065327>>. Luettu 14.3.2014.

- 14 Tetri, Eino. Mitä ledi on ja mitkä ovat sen edut ja haitat. Verkojulkaisu. Aalto-yliopisto. <http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti_valoa_Tetri.pdf>. Luettu 14.3.2014.
- 15 Uutiset. Suomalainen led-valaisinvalmistaja palkittiin Dubaissa Verkkodokumentti. YLE. <http://yle.fi/uutiset/suomalainen_led-valaisinvalmistaja_palkittiin_dubaissa/6964521>. Luettu 17.3.2014.
- 16 Referenssit Verkkodokumentti. Easyled. <<http://www.easyled.fi/fi/s-marketing-pihavalaistus-saarijarvella>>. Luettu 17.3.2014.
- 17 Uutiset. Siirsi tuotannon Suomeen tykittää nyt: Led-valaisin teholuokkaa A++, kesto yli 70 000 tuntia. Verkkodokumentti. Talouselämä. <<http://www.talouselama.fi/uutiset/siirsi+tuotannon+suomeen+ja+tykittaa+nyt+led+valaisin+teholuokkaan+a+kesto+yli+70+000+tuntia/a2198492>>. Luettu 17.3.2014.
- 18 Referenssit. Verkkodokumentti. Easyled. < <http://www.easyled.fi/fi/maailman-ensimmainen-led-valaistu-paasarjataso-jaahalli> >. Luettu 17.3.2014.
- 19 Elinkaarisuunnittelu kiinteistönpidon välineenä Verkkodokumentti. Sving. <http://kiinkonet.virtualserver11.nebula.fi/sving/uploads/sving/tartto_Elinkaarisuunnittelu_061123.pdf>. Luettu 19.3.2014.
- 20 KSM Sähkötekniikka 20.1.2014. Suunnitteluohje. Ruokakesko Oy.
- 21 Sähkönkilpailutus Verkkodokumentti. Kilpailuttaja. <https://www.kilpailuttaja.fi/palvelut/vertaa_ja_kilpailuta_yrityksen_sahkosopimus#573>. Luettu 15.4.2014

Kirjehaastattelu suunnittelijoille

Liite 1. on Granlund Oy:n sähkö- ja valaistussuunnittelijoille annettu kirjehaastattelu. Haastattelulla haluttiin kerätä tietoja opinnäytetyötä varten, jotta työssä pystyttäisiin paneutumaan suunnittelutyössä vastaantuleviin haasteisiin. Liitteeseen on lisätty lasketut keskiarvot suunnittelijoiden vastauksista ja "muuta" -kohtiin on kirjoitettu kaikki saatu palaute. Vastaus prosentti oli 66%, haastatteluja jaettiin yhteensä 18 kpl.

Kysely AMK opinnäytetyötä varten

Aihe opinnäytetyössä on led-valaistus myymälätiloissa suunnittelijan näkökulmasta. Painotus on yleisvalaistuksessa, kohdevalaistuksessa sekä ulkovalaistuksessa. Vastaaminen vie aikaa 5-10min. Toivoisin totta kai mahdollisimman paljon vastauksia! Erityisen hyödyllistä olisi täyttää "muuta"-kohdat. Tietoja ei julkaista, vaan niistä kerätään ainoastaan tietoa opinnäytetyön tekemistä varten.

Ystävällisin terveisin

Juho Heikkilä

Nimi:

Työtehtävä:

1. Kokemuksesi projekteista joissa led-valaisimia on käytetty. 1-5 (1=vähäinen kokemus, 5=runsaskokemus)

Olen ollut suunnittelutehtävissä ko. projekteissa

2,4

2. Ongelmat, millaisia ongelmia olet projekteissa kohdannut? 1-5 (1=vähän, 5=paljon)

Led-valaisimien hinta

3,9

Heikompi valovirta vrt. perinteisiin vaihtoehtoihin (valaisimia joudutaan asentamaan enemmän)

2,5

Suppea tuotevalikoima

2,7

Korkeat asennuskorkeudet (4-5m)

2,7

Valaisimien värintoistoindeksi

2,2

Muuta: (kerro vapaasti millaisia ongelmia olet kohdannut)

- Valmistajien heikot tuotetiedot:
- Ryhmä koot
- Läpihodotus tiedot yms.
- Projektit kaatuu yleensä korkeaan hintaan.
- Luotettavuus -> tuotteet eivät ole specsien mukaisia tai niiden käytössä ilmenee ongelmia (valovirran alenema, optiikka, säädettävyyys)
- Himmennettävyys varsinkin alhaiset himmennystasot 0-20%
- Tuotteiden laatu vaihtelee paljon
- Korkeat tilat yli 10m valaisimien saatavuus huonoa
- Epäilykset pitkän käyttöiän suhteen
- Led-valaisinyrittäjiä on paljon ja aina takuu ja huolto ei ole taattua
- Monesti arkkitehti ehdottaa hienoja valaisin vaihtoehtoja, joissa sitten valovirta liian alhainen. Kun tilalle löytyy toimiva valaisin hinta nousee usein kohtuuttoman korkeaksi.

3.Hyödyt, mitkä hyödyt ovat nousseet esiin projekteissa, kun led-valaisimet ovat tulleet valituiksi?(1=vähän, 5=paljon)

Energiasäästöt

3,5

Säädettävyys

3,0

Pitkä elinkaari

4

Pidemmät huoltovälit

4

Hyvät valonjako-ominaisuudet

2,2

Muuta: (Kerro vapaasti hyödyistä joita koet, että led valaisimilla pystytään saavuttamaan)

- Käytettävyys: himmennys, nopea syttyminen
- Saneerauskohteisiin löytyy hyviä matalia down-light valaisimia (alle 50mm) joilla valaistus pyytään vanhoissa kohteissa toteuttamaan. Ongelmana näissäkin välillä korkea hinta
- Pitkä elinkaari pääasiallinen syy led-valaisimien käyttöön. Imago on toinen syy. Varsinainen energiansäästö pieni.
- Kylmä –ja ulkotiloissa ainoat hyvin toimivat valaisimet

4.Led-valaistus korkeissa tiloissa 4-5m (Yleisvalaistus), joissa perinteisesti käytetty T5 loistevaloja 1-5. (1=erimielä, 5=samaamielä)

Olen suunnitellut valaistusta led valaisimilla ko. kohteissa, alleviivaa: 5 x kyllä / 13 x ei

Led-valaisimia löytyi kohteeseen helposti

2,9

Ko. kohteissa vaadittu valaistusvoimakkuus oli led-valaisimilla helposti saavutettavissa

3,1

Valaisimia jouduttiin asentamaan poikkeuksellisen paljon

3,1

Investointikustannukset nousivat korkeiksi

3,9

Muuta: (Kerro vapaasti kokemuksistasi ko. kohteissa)

- Suuressa valokattoprojektissa hinta nousi todella korkeaksi ja projekti meni jäihin.
- Saneerauksissa vanhojen valaisimien korvaus on hankalaa vanhoilla johdotuksilla, koska led valot lyhyempiä.
- T5 2x49 W vastaavat led-valaisimet kalliita

5. Missä tiloissa koet, että led-valaistusta kannattaa tällä hetkellä käyttää? 1-5

(1=erimielä, 5=samaa mieltä)

Myymälä/Market, yleisvalaistus (Korkeat tilat)

3,2

Kohdevalaistus, esim. myymälät

4,2

Toimisto, yleisvalaistus

3,2

Varastot

3,9

Sosiaalitilat

3,8

Parkki-/ulkoalueet

3,9

Muut:

- Korkeat teollisuustilat, joissa korkea yleisvalaistusvaatimus. Säädettyvyys tuo säästöjä.
- Tilat joissa mahdollisuus/tarve himmennykseen
- Valaisinvalmistajilta parempia korvaavuustaulukoita (led vs. perinteiset valaisimet). Taulukoissa olisi esitettyä valonjako, valovirta ja ryhmittelymäärät.
- Ledin käyttö ulkona pienellä alueella hyvä mutta isoilla alueilla ei pärjää perinteisille vaihtoehdoille.
- Kylmä- ja pakastuhuoneet

6. Mistä asioista haluaisit lisätietoa led-valaistuksesta, suunnittelijan näkökulmasta?

- Miten valovirran alenema tulisi huomioida suunnittelussa (Ylimitoitus)
- Valaisinvalmistajilta parempia korvaavuustaulukoita (led vs. perinteiset valaisimet). Taulukoissa olisi esitettyä valonjako, valovirta ja ryhmittelymäärät.
- Ryhmäkokojen parempi määrittely valmistajalta
- Käynnistysvirtataulukko tai max. ryhmittelymäärät

7. Kerro vapaasti mitä palautetta käyttäjät ovat toteutuneista led-valaistuksista antaneet. Kehitys ehdotuksia, ongelmia, puutteita tai positiivista palautetta.

- Led-valaistuksissa tulee olla tarkkana häikäisyn kanssa. Liian kirkas valoaukko verrattuna taustaan häikäisee ja näin myös häiritsee.
- Energiansäästö ylitti laskelmat
- Valaisimien toiminta kesällä? Kun lämpötila korkeissa tiloissa kasvaa ->10m
- Led-valaisinkauppiaita paljon mutta takuu ja huolto asiat eivät ole aina kunnossa.
- Asiakas on ollut tyytyväinen, kun vain valaisimet on saatu mahtumaan budjettiin.
- Sekavaloryhmissä (useita eri valolähteitä) havaittu johdonsuojien/sulakkeiden laukeamisia.
- Valovirta pudonnut luvattua aiemmin alle hyväksytyn tason
- Standardien puute
- Hinta vs. valaistusteho. Saneerauksissa on valittu led-valaisimen jotka ovat olleet "vastaavat", kuitenkin kalliiden led-valojen asennuksen jälkeen valaistusvoimakkuus on ollut luvattua alhaisempi ja asiakas ei ole ollut täysin tyytyväinen.
- Olisi tärkeää saada valmistajien taholta tarkempaa tietoa valaisimien vastaavuudesta (led vs. perinteiset)
- Kun led valaisimet on valittu on palaute ollut lähes aina positiivista.
- Led-nauhoista tullut huonoa palautetta. Lähinnä kiinnitysongelmat ja mekaaninen kestävyys.

LCC - taulukko

Liite 2. Mallikohteesta tehtiin kokonaiskustannusten selvittämiseksi Excel - taulukko jossa on eriteltynä: energia-, investointi- ja huoltokustannukset kaikista mallikohteen tiloista.

Kaikkien valaistusratkaisuiden energiakustannukset:

Energiakustannusten määrittämiseksi on selvitetty aikaohjelmista ja valoisuusanturien toimintakäyrästä kunkin tilan polttoajat. Ryhmät 1/3, 2/3 ja 3/3 tarkoittavat suhteellista määrää, joka valaisimista on käytössä. Yksittäisten valaisinryhmiä poltetaan yleensä hieman ennen ja jälkeen liikkeen avaamista ja sulkemista. Kaikkien ryhmien tehot on laskettu yhteen ja kertomalla sähkön hinnalla (9,5c/kWh) saadaan energiasta syntyvät kulut. Hinnat on esitetty €/d.

Energiakustannukset, perinteinen valaistus:

Perinteinen valaistus	Kokonaisteho (W)		Sähkönhinta (€/kWh)	
	16200		0,095	
Myymälä	Ryhmän poltto aika (h/d)	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (Wh/d) Hinta yht. (€/d)
ark.	1,75	1/3	6060,6	10606,05 25,88513443
	0,334	2/3	12121,2	4048,4808
	14,166	3/3	18200	257821,2
la	1,75	1/3	6060,6	10606,05 20,63813443
	0,334	2/3	12121,2	4048,4808
	11,166	3/3	18200	203221,2
su	1,25	1/3	6060,6	7575,75 11,76531593
	0,334	2/3	12121,2	4048,4808
	6,166	3/3	18200	112221,2
			yhteensä (l/d):	58,34870478
			Poltto aika viikossa (h)	102,25
Aula+tuulikaappi			4784	
	Ryhmän poltto aika (h/d)	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (Wh/d) Hinta yht. (€/pv)
ark.	17	3/3	4784	81328 7,72616
la	14	3/3	4784	66976 6,36272
su	7	3/3	4784	33488 3,18136
			yhteensä:	17,27024
Takatilat+lasteruslaituri			4950	
	Ryhmän poltto aika (h/d)	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (Wh/d) Hinta yht. (€/pv)
ark.	14,5	3/3	4950	71775 6,818625
la	11,5	3/3	4950	56925 5,407875
su	6,5	3/3	4950	32175 3,056625
			yhteensä:	15,283125

Katos			1540		
	Ryhmän polttoaika (h/d)	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (Wh/d)	Hinta yht. (€/pv)
ark.	3,47	3/3	1540	5343,8	0,507661
la	2,82	3/3	1540	4342,8	0,412566
su	2,11	3/3	1540	3243,4	0,308693
				yhteensä:	1,22892
Parkkialue			4160		
	Ryhmän polttoaika (h/d)	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (Wh/d)	Hinta yht. (€/pv)
ark.	5,84	1/3	1385,28	8090,0352	1,558162944
	3	2/3	2770,56	8311,68	
la	3,36	1/3	1385,28	4654,5408	0,797505696
	1,35	2/3	2770,56	3740,256	
su	4,5	1/3	1385,28	6233,76	0,94753152
	1,35	2/3	2770,56	3740,256	
				yhteensä:	3,30320016
ULKOTILAT YHTEENSÄ :				YHTEENSÄ :	
	Viikossa:	12,79541594		Viikossa:	265,4174034
	Kuukaudessa:	51,18166374		Kuukaudessa:	1061,669614
	Vuodessa:	665,3616287		Vuodessa:	13801,70498

Energiakustannukset, LED 1:

LED 1						
Myymälä			12810			Hinta yht. (l/pv)
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)		
ark.	1,75	1/3	4265,73	7465,0275		18,21919454
	0,334	2/3	8531,46	2849,50764		
	14,166	3/3	12810	181466,46		
la	1,75	1/3	4265,73	7465,0275		14,56834454
	0,334	2/3	8531,46	2849,50764		
	11,166	3/3	12810	143036,46		
su	1,25	1/3	4265,73	5332,1625		8,280972363
	0,334	2/3	8531,46	2849,50764		
	6,166	3/3	12810	78386,46		
				yhteensä:		41,06851144
Aula+tuulikaappi			3570			Hinta yht. (l/pv)
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)		
ark.	17	3/3	3570	60690		5,76555
la	14	3/3	3570	49980		4,7481
su	7	3/3	3570	24990		2,37405
				yhteensä:		12,8877
Takatilat+lasteruslaituri			3500			Hinta yht. (l/pv)
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)		
ark.	14,5	3/3	3500	50750		4,82125
la	11,5	3/3	3500	40250		3,82375
su	6,5	3/3	3500	22750		2,16125
				yhteensä:		10,80625

Ulkovalaiskes			983		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)	Hinta yht. (€/pv)
ark.	3,47	3/3	983	3411,01	0,32404595
la	2,62	3/3	983	2772,06	0,2633457
su	2,11	3/3	983	2074,13	0,19704235
				yhteensä:	0,784434
Parkki-alue			3961		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)	Hinta yht. (€/pv)
ark.	5,84	1/3	1313,013	7703,03592	1,483625822
	3	2/3	2638,026	7914,078	
la	3,36	1/3	1313,013	4431,88368	0,759355784
	1,35	2/3	2638,026	3561,3351	
su	4,5	1/3	1313,013	5935,5585	0,902204892
	1,35	2/3	2638,026	3561,3351	
				yhteensä:	3,145186499
ULKOTILAT YHTEENSÄ :				YHTEENSÄ :	
	Viikossa:	11,16030759		Viikossa:	191,1467472
	Kuukaudessa:	44,64123035		Kuukaudessa:	764,5863887
	Vuodessa:	580,3359346		Vuodessa:	9939,630853

Energiakustannukset. LED 2:

LED 2					
Myynti			10020		Hinta yht. (l/pv)
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (w)	Ryhmän teho (w/h/d)	
ark.	1,75	1/3	3336,66	5839,155	14,25107357
	0,334	2/3	6673,32	2228,88888	
	14,166	3/3	10020	141943,32	
la	1,75	1/3	3336,66	5839,155	11,39537357
	0,334	2/3	6673,32	2228,88888	
	11,166	3/3	10020	111883,32	
su	1,25	1/3	3336,66	4170,825	6,477388219
	0,334	2/3	6673,32	2228,88888	
	6,166	3/3	10020	61783,32	
				yhteensä:	32,12384736
Aula+tuulikaappi			3060		Hinta yht. (l/pv)
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (w)	Ryhmän teho (w/h/d)	
ark.	17	3/3	3060	52020	4,3419
la	14	3/3	3060	42840	4,0638
su	7	3/3	3060	21420	2,0349
				yhteensä:	11,0466
Takatilat+lasterilaituri			3600		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (w)	Ryhmän teho (w/h/d)	Hinta yht. (l/pv)
ark.	14,5	3/3	3600	52200	4,959
la	11,5	3/3	3600	41400	3,933
su	6,5	3/3	3600	23400	2,223
				yhteensä:	11,115

Ulkovalaisies			983		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)	Hinta yht. (l/pv)
ark.	3,47	3/3	983	3411,01	0,32404595
la	2,82	3/3	983	2772,06	0,2633457
su	2,11	3/3	983	2074,13	0,19704235
				yhteensä:	0,784434
Parkkipaikka			3361		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)	Hinta yht. (l/pv)
ark.	5,84	1/3	1319,013	7703,03592	1,483625822
	3	2/3	2638,026	7914,078	
la	3,36	1/3	1319,013	4431,88368	0,759355784
	1,35	2/3	2638,026	3561,3351	
su	4,5	1/3	1319,013	5935,5585	0,902204892
	1,35	2/3	2638,026	3561,3351	
				yhteensä:	3,145186499
ULKOTILAT YHTEENSÄ :				YHTEENSÄ :	
	Viikossa:	11,16030759		Viikossa:	162,0536732
	Kuukaudessa:	44,64123035		Kuukaudessa:	648,2146929
	Vuodessa:	560,3359946		Vuodessa:	8426,791007

Energiakustannukset, LED 3:

LED 3					
Myymälä			12800		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (Wh/d)	Hinta yht. (l/pv)
ark.	1,75	1/3	4262,4	7459,2	18,2049719
	0,334	2/3	8524,8	2847,2832	
	14,166	3/3	12800	181324,8	
la	1,75	1/3	4262,4	7459,2	14,5569719
	0,334	2/3	8524,8	2847,2832	
	11,166	3/3	12800	142924,8	
su	1,25	1/3	4262,4	5328	8,274507904
	0,334	2/3	8524,8	2847,2832	
	6,166	3/3	12800	78924,8	
				yhteensä:	41,03645171
Aula+tuoliakaappi			3680		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (Wh/d)	Hinta yht. (l/pv)
ark.	17	3/3	3680	62560	5,3432
la	14	3/3	3680	51520	4,8944
su	7	3/3	3680	25760	2,4472
				yhteensä:	13,2848
Takatilat+lasterilaituri			3600		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (Wh/d)	Hinta yht. (l/pv)
ark.	14,5	3/3	3600	52200	4,359
la	11,5	3/3	3600	41400	3,933
su	6,5	3/3	3600	23400	2,223
				yhteensä:	11,115

Ulkovalaisus			983		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)	Hinta yht. (€/pv)
ark.	3,47	3/3	983	3411,01	0,32404535
la	2,82	3/3	983	2772,06	0,2633457
su	2,11	3/3	983	2074,13	0,19704235
				yhteensä:	0,784434
Parkki-alue			3961		
	Ryhmän yksittäinen poltto	Ryhmät	Teho/ryhmä (W)	Ryhmän teho (W/h/d)	Hinta yht. (€/pv)
ark.	5,84	1/3	1319,013	7703,03592	1,483625822
	3	2/3	2638,026	7914,078	
la	3,36	1/3	1319,013	4431,88368	0,759355784
	1,35	2/3	2638,026	3561,3351	
su	4,5	1/3	1319,013	5935,5585	0,902204892
	1,35	2/3	2638,026	3561,3351	
				yhteensä:	3,145186499
ULKOTILAT YHTEENSÄ :				YHTEENSÄ :	
	Viikossa:	11,16030759		Viikossa:	193,0252469
	Kuukaudessa:	44,64123035		Kuukaudessa:	772,1009877
	Vuodessa:	580,3359946		Vuodessa:	10037,31284

Kaikkien valaistusratkaisujen investointikustannukset:

Investointikustannuksissa on laskettu kaikkien valaisimien hinnat alv. 0% ja ilman asennuskustannuksia. Kaikkien neljän valaistusratkaisun yhteishinnat on myös esitetty ao. taulukoissa.

Investointikustannukset, perinteinen valaistus:

Perinteinen valaistus	hinnat ovat ovh. hintoja ja alv. 0%			
Myymälä	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Alppilux, AM249A Monix Val.9016lm, Lamp. 8600lm, 104W	7	102	714
	Alppilux AMR449AV Monix ramppiVal.17241lm, Lamp. 17200lm, 20	84	238	19992
			yhteensä:	20706
Aula+tuulikaappi	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Alppilux, AM249A Monix Val.9016lm, Lamp. 8600lm, 104W	6	102	612
	Alppilux AMR449AV Monix ramppiVal.17241lm, Lamp. 17200lm, 20	20	238	4760
			yhteensä:	5372
Takatilat+lastauslaituri	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Elektroskandia SLR-110/249PR, Val. 6440lm, Lamp. 8600lm, 110W	45	91,6	4122
			Yhteensä:	4122
Katos	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips DVP333 1xCDM-T70W OR, 70W	14	395	5530
	Philips DWP333 1xCDM-T70W OR, 70W	8	373	2984
			Yhteensä:	8514
Parkkipaikka	Valaisintyyppi	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips DGP333 1xCDM-TD 150W A-WB, Val.11130lm, Lamp. 13250lm	20	393	7860
	Philips DVP333 1xCDM-TD 70W OR, Val.4620lm, Lamp. 6600lm, 85W	4	395	1580
	Philips DWP333 1xCDM-TD 70W OR, Val.4620lm, Lamp. 6600lm, 85W	8	373	2984
			Yhteensä:	12424
			Yhteensä (€)	51138

Investointikustannukset, LED 1:

LED 1	hinnat ovh. hintoja alv. 0%			
Myyämä	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Alpilux Tino TN254MBC, Val. 6768lm, Lamp. 6767lm, 70W	183	305	55815
			yhteensä:	55815
Aula+tuulikaappi	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Alpilux Tino TN254MBC, Val. 6768lm, Lamp. 6767lm, 70W	51	305	15555
			yhteensä:	15555
Takatilat+latauslaituri	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Alpilux Tino TN254MBC, Val. 6768lm, Lamp. 6767lm, 70W	50	305	15250
			Yhteensä:	15250
Katos	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S, Val. 4576lm, Lamp. 5200, 44,7W	22	830	18260
			Yhteensä:	18260
Parkkialue	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips BGP303 1xLED73/740 DM, Val. 6426lm, Lamp. 7560lm, 82,5W	20	393	7860
	Philips BGP303 1xLED98/740 DM, Val. 8366lm, Lamp. 10080lm, 106,7W	4	395	1580
			Yhteensä:	9440
			Yhteensä (€)	114320

Investointikustannukset LED 2:

LED 2	hinnat ovh. hintoja alv. 0%			
Myymälä	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips 4MX850 581 1xLED66S/840, Val. 6600lm, Lamp. 6600lm, 60W	167	230	38410
			yhteensä:	38410
Aula+tuulikaappi	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	PHILIPS 4MX850 581 1xLED66S/840, Val. 6600lm, Lamp.6600lm, 60W	52	230	11960
			yhteensä:	11960
Takatilat+latauslaituri	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	PHILIPS LL121X 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000W, 80W	45	180	8100
			yhteensä:	8100
Katos	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S, Val. 4576lm, Lamp. 5200, 44,7W	22	830	18260
			yhteensä:	18260
Parkkialue	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips BGP303 1xLED73/740 DM, Val. 6426lm, Lamp. 7560lm, 82,5W	20	393	7860
	Philips BGP303 1xLED98/740 DM, Val. 8366lm, Lamp. 10080lm, 106,5W	4	395	1580
			yhteensä:	9440
			Yhteensä (€)	86170

Investointikustannukset LED 3:

LED 3	hinnat ovh. hintoja alv. 0%			
Myymäla	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips LL121 x 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000lm, 80W	160	180	28800
			yhteensä:	28800
Aula+tuulikaappi	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	PHILIPS LL121X 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000lm, 80W	41	180	7380
			yhteensä:	7380
Takatilat+lastauslaituri	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	PHILIPS LL121X 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000W, 80W	45	180	8100
			yhteensä:	8100
Katos	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S, Val. 4576lm, Lamp. 5200, 44,7W	22	830	18260
			yhteensä:	18260
Parkkialue	Valaisin	Määrä(kpl)	yks. hinta (€)	Yhteensä (€)
	Philips BGP303 1xLED73/740 DM, Val. 6426lm, Lamp. 7560lm, 82,5W	20	393	7860
	Philips BGP303 1xLED98/740 DM, Val. 8366lm, Lamp. 10080lm, 106,7W	4	395	1580
			yhteensä:	9440
			Yhteensä (€)	71980

Kaikkien valaistusratkaisujen huoltokustannukset

Kaikki käytetyt valaisimet ja niiden hinnat, polttoajan varmuuskertoimella voitaisiin hallu-
ttaessa vaikuttaa valaisimien eliniän odotteeseen. ”Tuotteiden hinnan alentuminen” -
sarake kuvaa miten nykyiset led-moduulien hinnat laskevat ennen niiden vaihtamista.
Valaistuksen käyttöiäksi on määritetty 15 vuotta.

Lamppu- / moduulityyppi	€/kpl	polttoajan varmuuskerroin	Tuotteiden hinnan alentuminen
CDM-TD:	44	1	1
T-5:	35	1	1
Alppilux Tino	213,5	1	0,7
Philips BVS400	581	1	0,7
Philips BGP303	275,1	1	0,7
PHILIPS LL121	126	1	0,7
Philips 4MX850 581	161	1	0,7
Käyttöaika (a):	15		

Alla olevissa taulukoissa on esitetty yksi kerrallaan kaikkien valaistusratkaisujen valaisin määrät eri tiloissa, niiden lampun/moduulin polttoikä (led: L 70 h=x). Huollon hinta käytön mukaan on ilmoitettu lampun polttoajanajan ja tässä tapauksessa 15 vuoden elinkaaren mukaan.

Huoltokustannukset, perinteinen valaistus:

Perinteinen	hinnat ovh. hintoja ja alv. 0%						
Myymäälä	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä (h)	polttoaika (h/a)	huoltoväli (a)	Huolto hinta (€)	Hinta käytön mukaan (€)
	Alpilux, AM249A Monix Val.9016lm, Lamp. 8600lm, 104W	7	20 000	5317	3,761519654	3185	12700,98375
	Alpilux AMR449AV Monix ramppiVal.17241lm, Lamp. 17200lm, 208W	84	20 000				
Aula+tuulikaappi							
	Alpilux, AM249A Monix Val.9016lm, Lamp. 8600lm, 104W	6	20 000	5512	3,628447025	910	13166,79
	Alpilux AMR449AV Monix ramppiVal.17241lm, Lamp. 17200lm, 208W	20	20 000				
Takatilat+las	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Elektroskandia SLR-110/249PR, Val. 6440lm, Lamp. 8600lm, 110W	45	20 000	4706	4,249893753	1575	5558,9625

Katos	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Philips DVP333 1xCMD-T70W OR, 70W	14	16 000	1158,56	13,8102472	968	1051,3932
	Philips DWP333 1xCMD-T70W OR, 70W	8	16 000				
Parkkialue	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Philips DGP333 1xCMD-TD 150W A-WB, Val.11130lm, Lamp. 13250lm, 1	20	16 000	2847,52	5,618924538	1408	3758,7264
	Philips DVP333 1xCMD-TD 70W OR, Val.4620lm, Lamp. 6600lm, 85W	4	16 000				
	Philips DWP333 1xCMD-TD 70W OR, Val.4620lm, Lamp. 6600lm, 85W	8	16 000				
						yhteensä (€):	36236,85585

Huoltokustannukset, LED 1:

LED 1	hinnat ovh. hintoja alv. 0%						
Myyämä	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä (h)	polttoaika (h/a)	huoltoväli (a)	Huolto hinta (€)	Hinta käytön mukaan (€)
	Alppilux Tino TN254MBC, Val. 6768lm, Lamp. 6767lm, 70W L70	183	50 000	5317	9,403799135	27349,35	43624,94819
Aula+tuulika	Valaisin						
	Alppilux Tino TN254MBC, Val. 6768lm, Lamp. 6767lm, 70W	51	50 000	5512	9,071117562	7621,95	12603,65652
Takatilat+las	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Alppilux Tino TN254MBC, Val. 6768lm, Lamp. 6767lm, 70W	50	50 000	4706	10,62473438	7472,5	7384,77285
Katos	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S, Val. 4576lm, Lamp. 5200, 44,7W L80F10	22	70 000	1158,56	60,41983151	8947,4	2221,307088
Parkkialue	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Philips BGP303 1xLED73/740 DM, Val. 6426lm, Lamp. 7560lm, 82,5W	20	50 000	2847,52	17,55913918	4621,68	3948,09787
	Philips BGP303 1xLED98/740 DM, Val. 8366lm, Lamp. 10080lm, 106,1W L80F10	4	50 000				

Huoltokustannukset, LED 2:

LED 2	hinnat ovh. hintoja alv. 0%						
Myymäla	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä (h)	polttoaika (h/a)	huoltoväli (a)	Huolto hinta (€)	Hinta käytön mukaan (€)
	Philips 4MX850 581 1xLED66S/840, Val. 6600lm, Lamp. 6600lm, 60W	167	50 000	5317	9,403799135	18820,9	30021,21759
	L80B50						
Aula+tuulika	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	PHILIPS LL121X 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000W, 80W	52	30 000	5512	9,071117562	5860,4	9690,75744
	L80B50						
Takatilat+las	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	PHILIPS LL121X 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000W, 80W	45	30 000	4706	6,374840629	3969	9339,057
	L90B50						
Katos	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S, Val. 4576lm, Lamp. 5200, 44,7W	22	70 000	1158,56	60,41983151	8947,4	2221,307088
	L80F10						
Parkkialue	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Philips BGP303 1xLED73/740 DM, Val. 6426lm, Lamp. 7560lm, 82,5W	20	50 000	2847,52	17,55913918	4621,68	3948,09787
	Philips BGP303 1xLED98/740 DM, Val. 8366lm, Lamp. 10080lm, 106,1W	4	50 000				
	L80F10						

Huoltokustannukset, LED 3:

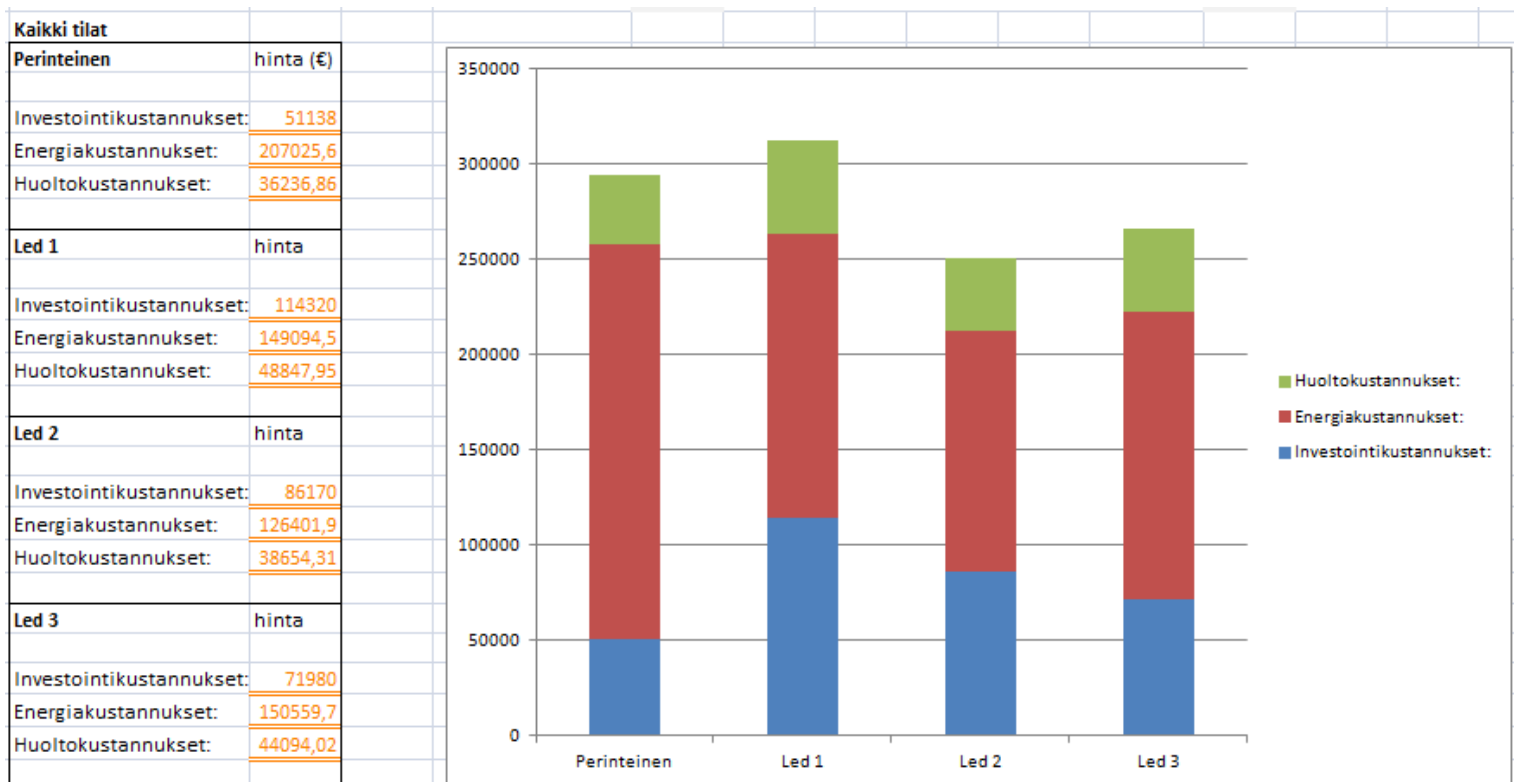
LED 3	hinnat ovh. hintoja alv. 0%						
Myymäla	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä (h)	polttotaika (h/a)	huoltoväli (a)	Huolto hinta (€)	Hinta käytön mukaan (€)
	Philips LL121 x 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000lm, 80W L80B50	160	30 000	5317	5,642279481	14112	37516,752
Aula+tuulika	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	PHILIPS LL121X 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000lm, 80W L90B50	41	30 000	5512	5,442670537	3616,2	9966,2472
Takatilat+las	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	PHILIPS LL121X 1xLED80S/840 MB, Val. 8000lm, Lamp. 8000W, 80W L90B50	45	30 000	4706	6,374840629	3969	9339,057
Katos	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Philips BVS400 1 x GRN52-2S/657 S, Val. 4576lm, Lamp. 5200, 44,7W L80F10	22	70 000	1158,56	60,41983151	8947,4	2221,307088
Parkkialue	Valaisin	Määrä(kpl)	Polttoikä			Huolto hinta	
	Philips BGP303 1xLED73/740 DM, Val. 6426lm, Lamp. 7560lm, 82,5W	20	50 000	2847,52	17,55913918	4621,68	3948,09787
	Philips BGP303 1xLED98/740 DM, Val. 8366lm, Lamp. 10080lm, 106,1W L80F10	4	50 000				

Yhteenveto

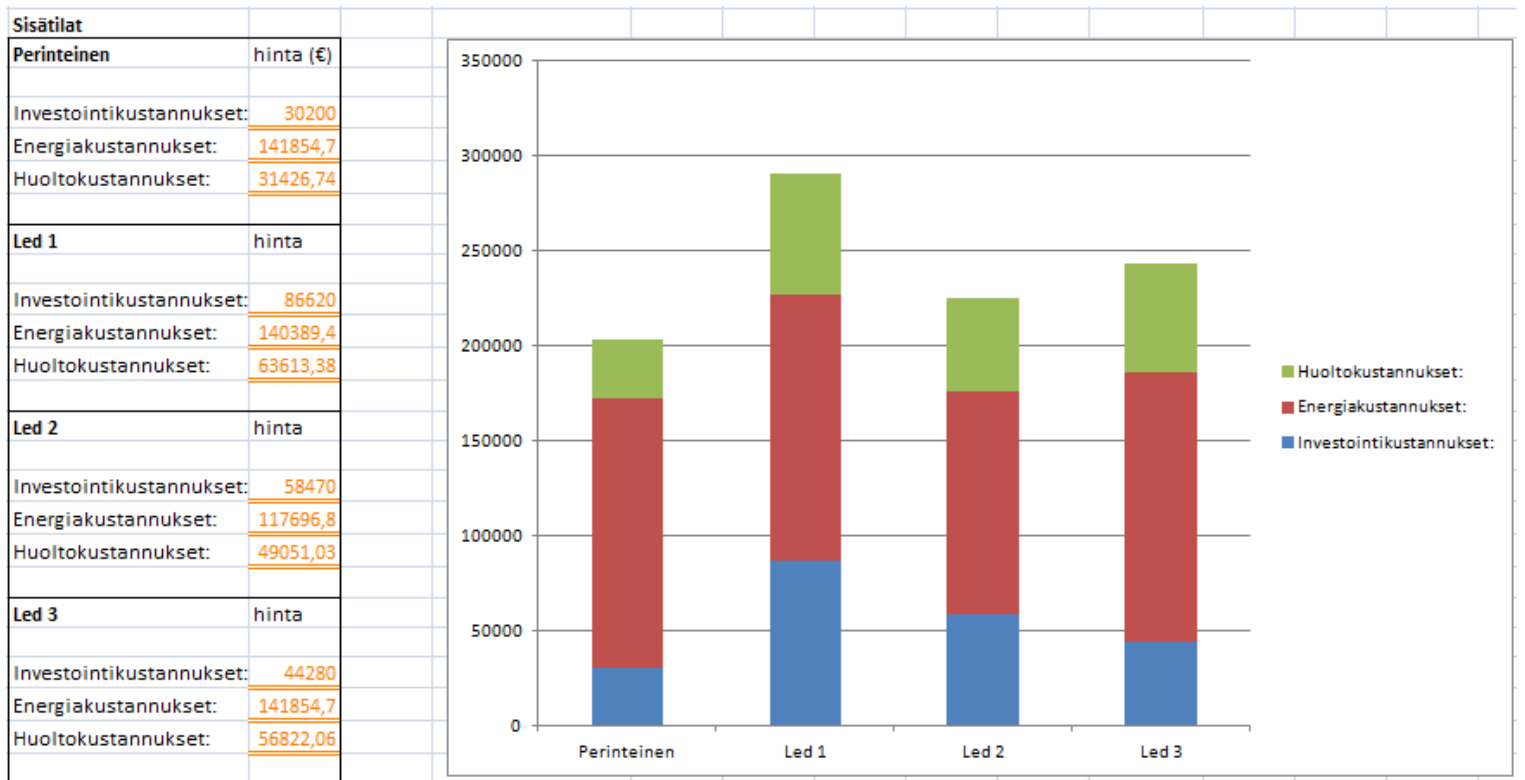
Alla oleviin taulukoihin on esitetty kaikki yllä olevat tulokset pylväsdiagrammeina. Sähkön hinta on määritelty 9,5c/kWh, joka sisältää siirtomaksun. Sähkön hinnalle ei ole asetettu arviota sen kehityksestä. Elinkaari on määritelty 15 vuotta pitkäksi.

käyttöaika (min. 5v):	15	Sähkönhinnan kehitys käyttöaikana (%):	0	Sähkönhintaa nyt (€):	0,095	Käytettävä sähkön hinta (€):	0,095
-----------------------	----	--	---	-----------------------	-------	------------------------------	-------

Kaikkien tilojen ja valaistusratkaisujen kokonaiskustannukset 15 vuoden elinkaarella jaettuna huolto-, energia- ja investointikustannuksiin:



Sisätilojen kustannukset eriteltynä:



Ulkotilojen kustannukset eriteltynä:

